



TUGAS AKHIR - TF 141581

**PERANCANGAN SISTEM DETEKSI BAHAN
BAKAR CAIR DI DALAM PIPA TRANSPARAN
MENGUNAKAN METODE IMAGE PROCESSING
BERBASIS RASPBERRY-PI**

Achmad Syarif Hidayat
NRP. 0231144000081

Dosen Pembimbing I:
Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc.

Dosen Pembimbing II:
Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Halaman ini memang sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT -TF141581

***DESIGN OF FUEL DETECTION SYSTEM IN
TRANSPARENT PIPE USING IMAGE
PROCESSING METHOD BASED ON
RASPBERRY-PI***

Achmad Syarif Hidayat
NRP. 02311440000081

First Supervisor
Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc.

Second Supervisor
Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.

*DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018*

Halaman ini memang sengaja dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Achmad Syarif Hidayat
NRP : 02311440000081
Departemen : Teknik Fisika FTI – ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir Saya yang berjudul **PERANCANGAN SISTEM DETEKSI BAHAN BAKAR CAIR DI DALAM PIPA TRANSPARAN MENGGUNAKAN METODE *IMAGE PROCESSING* BERBASIS *RASPBERRY-PI*** adalah bebas dari plagiasi. Apabila pernyataan saya ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian lembar pernyataan ini Saya buat dengan sebenar-benarnya

Surabaya, 12 Juli 2018
Penulis

Achmad Syarif Hidayat
02311440000081

Halaman ini memang sengaja dikosongkan

**PERANCANGAN SISTEM DETEKSI BAHAN BAKAR
CAIR DI DALAM PIPA TRANSPARAN
MENGUNAKAN METODE IMAGE PROCESSING
BERBASIS RASPBERRY-PI**

TUGAS AKHIR

Oleh:

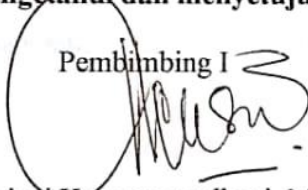
Achmad Syarif Hidayat

NRP : 02311440000081

Surabaya, 12 Juli 2018

Mengetahui dan menyetujui,

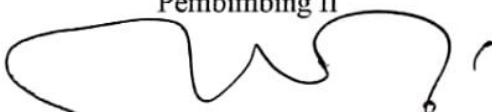
Pembimbing I



Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc.

NIPN. 19530404 197901 2 001

Pembimbing II



Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.

NIPN. 19790517 200312 1 002



Kepala Departemen Teknik Fisika

Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D

NIPN. 19580902 200312 1 002

Halaman ini memang sengaja dikosongkan

**PERANCANGAN SISTEM DETEKSI BAHAN BAKAR
CAIR DI DALAM PIPA TRANSPARAN
MENGUNAKAN METODE IMAGE PROCESSING
BERBASIS RASPBERRY-PI**




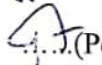

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana teknik
pada
Bidang Minat Rekayasa Fotonika
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Achmad Syarif Hidayat
NRP. 02311440000081

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc. .....(Pembimbing 1)
2. Andi Rahmadiansah, S.T., M.T. .....(Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc. .....(Ketua Penguji)
4. Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., P.hd. .....(Penguji I)
5. Lizda Johar Mawarni, S.T., M.T. .....(Penguji II)

SURABAYA
Juli 2018

Halaman ini memang sengaja dikosongkan

PERANCANGAN SISTEM DETEKSI BAHAN BAKAR CAIR DI DALAM PIPA TRANSPARAN MENGGUNAKAN METODE IMAGE PROCESSING BERBASIS RASPBERRY-PI

Nama Mahasiswa : Achmad Syarif Hidayat
NRP : 02311440000081
Program Studi : S1 Teknik Fisika
Dosen Pembimbing I : Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc.
Dosen Pembimbing II : Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.

Abstrak

Proses pengiriman bahan bakar cair dari *refinery unit* ke dalam kilang – kilang penyimpanan sudah tidak lagi menggunakan alat transportasi (kereta atau truk) karena tidak ekonomis, maka dari itu digunakan pipa. Dalam mengontrol buka tutup *valve* untuk mengarahkan aliran ke setiap tangki timbun masih dilakukan secara manual menggunakan transmitter densitometer. Hal ini menjadi kendala karena denistas setiap minyak hampir sama. Selain itu pada bagian campuran (*interface*) tidak dapat ditentukan jenis dan konsentrasinya. Maka dari itu diperlukan sebuah inovasi rancang bangun sistem deteksi bahan bakar cair berbasis *Raspberry-Pi* untuk meningkatkan akurasi pendeteksian. Dilakukan proses akusisi data warna bahan bakar dalam pipa transparan pada ruang warna HSV (hue, saturation, value) oleh *webcam* kemudian data diproses oleh *Raspberry – Pi* untuk mendefinisikan jenisnya. Naskah pemrograman ditulis menggunakan bahasa Python 2.7 dan *image processing* dilakukan menggunakan *library* OpenCV. Pencahaya optimal pada intensitas 25 lux dan minimal sebesar 8 lux. Setiap bahan bakar beserta *interface* dapat dibedakan dengan baik. Nilai rentang bit, akurasi, standar deviasi pembacaan hue dan saturation bahan bakar pertamax berturut – turut adalah 98 – 100, 98,8%, 0,3 dan 120 – 140, 98,48%, 3,07. Untuk bahan bakar solar 19 – 25, 99,12%, 0,41 dan 110 – 130, 97,35%, 3,79. Untuk minyak tanah 92 – 100, 98,93%, 1,38 dan 30 – 45, 92,55%, 4,63. Penentuan konsentrasi

bahan bakar pada bagian *interface* belum bisa ditentukan karena terdapat nilai bit HSV yang sama.

Kata Kunci – sistem deteksi, bahan bakar cair, Image Processing.

**DESIGN OF FUEL DETECTION SYSTEM IN
TRANSPARENT PIPE USING IMAGE PROCESSING
METHOD BASED ON RASPBERRY-PI**

Name : Achmad Syarif Hidayat
NRP : 02311440000081
Study Program : Engineering Physics Bachelor Program
First Supervisor : Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc.
Second Supervisor : Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.

Abstract

Delivering process of liquid fuels from refinery units into storage plants is no longer using transportation (trains or trucks) because it is so costly. So pipes are used for this delivering process. Densitometer is used to determine the time when valve close or open manually for guiding each fuel to each storage tank. Density parameter is not suitable to be the main parameter because the densities of each oil are almost the same. Therefore it needs to design an innovation of Raspberry-Pi's liquid fuel detection system to improve detection accuracy. in this research, fuel color data acquisition process on a transparent pipe on HSV color space (hue, saturation, value) are done by webcam then data processed by Raspberry - Pi to define the fuel type. Script programming has written in Python 2.7 and image processing is done with OpenCV library. Optimal intensity lighting at 25 lux and minimum at 8 lux. Each fuel and interface can be well known. The values, accuracy, and standard deviation of hue & saturation readings respectively for pertamax are 98 - 100, 98.8%, 0,3 and 120 - 140, 98.48%, 3,07, for diesel are 19 - 25, 99.12%, 0,41 and 110 - 130, 97.35%, 3,79, and for kerosene are (92 – 100 , 98.93%, 1,38 and 30 - 45, 92.55%, 4,63). Determining the fuel concentration on the interface can't be done because there is the same value of HSV bit.

Keywords – Detection system, liquid fuel, Image Processing.

Halaman ini memang sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T, karena rahmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyusun laporan tugas akhir ini. Tidak lupa juga penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada keluarga dan para sahabat. Oleh karena dukungan mereka, penulis mampu menyusun laporan tugas akhir yang berjudul:

“PERANCANGAN SISTEM DETEKSI BAHAN BAKAR CAIR DI DALAM PIPA TRANSPARAN MENGGUNAKAN METODE IMAGE PROCESSING BERBASIS RASPBERRY-PI”

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam Program Studi S-1 Teknik Fisika FTI-ITS. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T, M.Si, Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Fisika ITS.
2. Bapak Hendra Cordova, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Strata Satu (S1) Departemen Teknik Fisika ITS.
3. Ibu Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc. dan Bapak Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.selaku dosen pembimbing tugas akhir ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Fotonika yang telah memberi banyak ilmu pengetahuan, wawasan, dan bimbingan moral.
5. Bapak Ir. Matradji M.Sc. selaku dosen wali yang telah memberi banyak ilmu pengetahuan, wawasan, dan bimbingan moral.
6. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberi banyak ilmu pengetahuan, wawasan, dan bimbingan moral.
7. Segenap Bapak/Ibu dosen pengajar di Departemen Teknik Fisika-ITS.

8. Bapak dan Ibu selaku orang tua yang selalu memberikan motivasi dan dukungan yang luar biasa.
9. Segenap keluarga penulis yang telah memberikan dukungan penuh terhadap penyelesaian tugas akhir ini.
10. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Fisika, F-49, yang senantiasa memberikan motivasi dan doanya.
11. Rekan-rekan dari Laboratorium Rekayasa Fotonika Teknik Fisika-ITS.
12. Teman-teman seperjuangan TA yang telah memotivasi dan memberikan bantuan dalam penyelesaian laporan tugas akhir.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang turut membantu dan memperlancar pengerjaan tugas akhir ini. Terima kasih yang sebesar – besarnya semoga Allah SWT membalasnya dengan pahala yang berlebih. Aamiin.

Penulis menyadari bahwa mungkin masih ada kekurangan dalam laporan ini, sehingga kritik dan saran penulis terima. Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Surabaya, 29 Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
COVER	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Pipeline Shipment</i>	5
2.2 <i>Machine Vision</i>	6
2.3 Pengolahan Citra	8
2.4 Sistem Warna Digital	9
2.5 Kamera Digital	11
2.6 Raspberry Pi	13
2.7 Open Computer Vision (CV).....	14
2.8 Python	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17

3.1	Perumusan Masalah dan Studi Literatur	18
3.2	Perancangan dan Pembuatan <i>Hardware</i> Sistem Deteksi.....	20
3.3	Kalibrasi dan Karakterisasi <i>Hardware</i> Sistem Deteksi.....	27
3.4	Akuisisi Citra.....	33
3.5	Perancangan Algoritma Pengolahan Citra dan <i>Software</i> Sistem Deteksi	35
3.6	Uji Coba Sistem.....	40
3.7	Analisis Respon dan Performa Sistem Deteksi	41
3.8	Penulisan Laporan	41
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1	Pembacaan Nilai HSV pada Tingkatan Iluminasi yang Beragam.....	43
4.2	Pembacaan Nilai HSV pada Variasi Konsentrasi Bahan Bakar Cair dengan Tingkat Pencahayaan Optimal.....	47
4.3	Pembacaan Nilai HSV pada Satu Jenis Aliran Bahan Bakar Cair dengan Intensitas Pencahayaan Optimal.....	55
4.4	Pembacaan nilai HSV pada dua jenis aliran bahan bakar cair menggunakan intensitas pencahayaan optimal.....	62
4.5	Pembacaan Nilai HSV pada Tiga Jenis Aliran Bahan Bakar Cair Menggunakan Intensitas Pencahayaan Optimal	65
4.6	Pembahasan.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		71
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	72

DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN A.....	75
LAMPIRAN B	85
LAMPIRAN C	87
LAMPIRAN D.....	89
LAMPIRAN E	91
LAMPIRAN F	93
LAMPIRAN G.....	97
LAMPIRAN H.....	103
BIODATA PENULIS	105

Halaman ini memang sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Densitometer Morbey Solartron.....	5
Gambar 2.2	Sistem <i>machine vision</i>	7
Gambar 2.3	<i>Diifuse illumination system</i>	7
Gambar 2.4	Diagram <i>Quirk model</i>	8
Gambar 2.5	Sistem warna RGB (Microsoft, 2018).....	9
Gambar 2.6	Sistem warna HSV (Kemal, 2014)	10
Gambar 2.7	Skema sensor CCD dan komponen pemrosesan sinyal	12
Gambar 2.8	Skema foton mengenai permukaan sensor CCD.....	12
Gambar 2.9	Susunan Filter RGB pada sensor CCD.....	13
Gambar 2.10	Raspberry Pi 2 Model B (<i>Raspberrypi.org</i>)	14
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> tahapan – tahapan penelitian.....	18
Gambar 3.2	<i>Pipeline shipment</i> pada industri perminyakan	19
Gambar 3.3	<i>Dome difuse lighting</i>	20
Gambar 3.4	Rancang bangun sistem deteksi	20
Gambar 3.5	(a) Desain <i>lighting chamber</i> (b) tampak belahan melintang tiga dimensi.....	21
Gambar 3.6	Performa sumber cahaya dari beberapa parameter	21
Gambar 3.7	Desain PCB tampak atas dan rancangan rangkaian LED pada sistem pencahayaan	22
Gambar 3.8	Bagian DFOV, HFOV, dan VFOV pada kamera	23
Gambar 3.9	Realisasi hardware sistem deteksi	23
Gambar 3.10	Bagian – bagian komponen sistem deteksi.....	24

Gambar 3.11	Bagian dalam <i>dome</i> (a) sebelum dan (b) sesudah dilapisi aluminium	25
Gambar 3.12	Bagian (a) dasaran dimana tempat kertas karton ditempelkan, (b) dasaran tempat PCB dan (c) hasil penggabungan komponen pada gambar (a) dan (b).....	25
Gambar 3.13	Bentuk rangkaian LED sumber cahaya pada sistem pencahayaan.....	26
Gambar 3.14	Rangkaian relay	27
Gambar 3.15	<i>Setup</i> pengambilan data (a) tampak samping dan (b) tampak atas	27
Gambar 3.16	Spektrum sumber cahaya	28
Gambar 3.17	Grafik iluminasi terhadap <i>duty cycle</i>	29
Gambar 3.18	Hasil iluminasi citra ber latarbelakang putih	30
Gambar 3.19	Histogram citra yang ditinjau pada Gambar 3.18.....	30
Gambar 3.20	Citra kamera (a) sebelum dan (b) sesudah dikoreksi	31
Gambar 3.21	Palet warna grayscale.....	32
Gambar 3.22	Perbandingan nilai reflektansi standar dan actual.....	32
Gambar 3.23	Grafik hubungan <i>duty cycle</i> pompa terhadap kecepatan aliran yang terukur oleh <i>flowmeter</i>	33
Gambar 3.24	Pengaruh variasi PWM LED terhadap hasil citra yang diakusisi	34
Gambar 3.25	Variasi bahan bakar cair jenis (a) pertamax & miyak tanah, (b) solar & minyak tanah, (c) solar & pertamax, dan (d) kondisi murni 100% dari setiap jenis bahan bakar cair	35

Gambar 3.26	Diagram alir (a) pengolahan citra I dan (b) pengolahan citra II	36
Gambar 3.27	Hasil perancangan algoritma pemrosesan citra dan software sistem deteksi.....	40
Gambar 4.1	Grafik nilai bit HSV terhadap variasi tingkat iluminasi pada saat tidak dialirkan bahan bakar	44
Gambar 4.2	Grafik nilai bit HSV terhadap variasi tingkat iluminasi pada saat dialirkan bahan bakar cair jenis pertamax	45
Gambar 4.3	Grafik nilai bit HSV terhadap variasi tingkat iluminasi pada saat dialirkan bahan bakar cair jenis solar	46
Gambar 4.4	Grafik nilai bit HSV terhadap variasi tingkat iluminasi pada saat dialirkan bahan bakar cair jenis minyak tanah	46
Gambar 4.5	Grafik nilai (a) Hue (b) Saturation dan (c) Value terhadap variasi konsentrasi bahan bakar cair jenis pertamax dan solar mengalir di dalam pipa transparan	48
Gambar 4.6	Grafik nilai (a) Hue (b) Saturation dan (c) Value terhadap variasi konsentrasi bahan bakar cair jenis solar dan minyak tanah mengalir di dalam pipa transparan	51
Gambar 4.7	Grafik nilai (a) Hue (b) Saturation dan (c) Value terhadap variasi konsentrasi bahan bakar cair jenis minyak tanah dan pertamax mengalir di dalam pipa transparan	53
Gambar 4.8	Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara <i>realtime</i> pada saat dialirkan bahan bakar jenis pertamax	56
Gambar 4.9	Status (a) indikator LED dan (b) frame pada saat bahan bakar jenis pertamax terdeteksi	57

Gambar 4.10	Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara <i>realtime</i> pada saat dialirkan bahan bakar jenis solar.....	58
Gambar 4.11	Status (a) indikator LED dan (b) frame pada saat bahan bakar jenis solar terdeteksi.....	59
Gambar 4.12	Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara <i>realtime</i> pada saat dialirkan bahan bakar jenis minyak tanah	60
Gambar 4.13	Status (a) indikator LED dan (b) frame pada saat bahan bakar jenis minyak tanah terdeteksi.....	61
Gambar 4.14	Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara <i>realtime</i> pada saat dialirkan bahan bakar jenis pertamax diikuti dengan solar	63
Gambar 4.15	Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara <i>realtime</i> pada saat dialirkan bahan bakar jenis solar diikuti dengan minyak tanah.....	63
Gambar 4.16	Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara <i>realtime</i> pada saat dialirkan bahan bakar jenis minyak tanah diikuti dengan pertamax	65
Gambar 4.17	Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara <i>realtime</i> pada saat dialirkan tiga jenis bahan bakar secara berturut – turut	66

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Nilai HSV dan Standar Deviasi Pengambilan Data pada Saat Dialirkan Bahan Bakar Cair Jenis Pertamina dan Solar dengan Variasi Konsentrasi yang Berbeda.	49
Tabel 4.2	Nilai HSV dan Standar Deviasi Pengambilan Data pada Saat Dialirkan Bahan Bakar Cair Jenis Solar dan Minyak Tanah dengan Variasi Konsentrasi yang Berbeda.	52
Tabel 4.3	Nilai HSV dan Standar Deviasi Pengambilan Data pada Saat Dialirkan Bahan Bakar Cair Jenis Minyak Tanah dan Pertamina dengan Variasi Konsentrasi yang Berbeda.....	55
Tabel 4.4	Hasil Percobaan Saat Dialirkan Bahan Bakar Jenis Pertamina.....	56
Tabel 4.5	Hasil Percobaan Pada Saat Dialirkan Bahan Bakar Jenis Solar	58
Tabel 4.6	Hasil Percobaan Pada Saat Dialirkan Bahan Bakar Jenis Minyak Tanah	60
Tabel 6.	Hasil Percobaan Pengaliran Bahan Bakar Jenis Pertamina Lalu Diikuti Dengan Solar	101
Tabel 7.	Hasil Percobaan Pengaliran Bahan Bakar Jenis Solar Lalu Diikuti Dengan Minyak Tanah.....	102
Tabel 8.	Hasil Percobaan Pengaliran Bahan Bakar Jenis Minyak Tanah Lalu Diikuti Dengan Pertamina ..	102
Tabel 9.	Hasil Percobaan Pengaliran Bahan Bakar Jenis Pertamina, diikuti solar, lalu minyak tanah.....	102

Halaman ini memang sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia perindustrian berlangsung sangat pesat, sehingga segala proses yang ada dalam industri harus dilakukan dengan cepat dan akurat. Sesuai dengan Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional pada tahun 2025, Indonesia ditargetkan menjadi Negara Industri Tangguh dengan menggunakan teknologi dalam proses pembuatan dan pengembangan produk dalam penciptaan pasar (Soerjono, 2016). Salah satu sektor perindustrian yang menjadi penggerak perekonomian Indonesia adalah sektor perindustrian minyak dan gas. Konsumsi minyak Indonesia menunjukkan tren naik dengan stabil seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Menurut data proyeksi Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk Indonesia tahun 2017 ini mencapai 261 juta jiwa dengan pertumbuhan rata – rata sebesar 1.49% (IndonesiaInvestment, 2016), dimana menyebabkan pertumbuhan permintaan BBM (Bahan Bakar Minyak) meningkat 0.7% tiap tahunnya (Himawan, 2017). Kondisi tersebut mendorong perkembangan sektor perindustrian minyak untuk melakukan produksi produk bahan bakar dan gas sesuai dengan permintaan pasar secara efisien.

Salah satu proses produksi BBM, pasca pengelolaan minyak bumi pada *refinery unit*, adalah proses pengiriman BBM yang siap digunakan untuk disimpan ke dalam kilang – kilang penyimpanan. Seiring perkembangan teknologi *pipeline shipment*, saat ini proses pengiriman BBM dari *refinery unit* ke dalam kilang – kilang penyimpanan sudah tidak lagi menggunakan alat transportasi (kereta atau truk) karena tidak ekonomis dari segi biaya yang mana lebih mahal tiga kali lebih lipat daripada menggunakan *pipeline shipment* (Baum, 2010) seperti yang telah diaplikasikan pada negara Canada semenjak tahun 1996. Saat ini teknologi tersebut telah diterapkan di sektor perindustrian minyak dan gas di Indonesia.

Salah satu perindustrian minyak dan gas milik negara Indonesia adalah PT. Pertamina Indonesia. Beberapa produk

olahan di distribusikan menggunakan teknologi kontrol *pipeline shipment* dari *refinery unit* ke tangki timbun TBBM (Terminal BBM). Untuk mendeteksi jenis produk olahan yang melewati pipa pada posisi tertentu digunakan sensor *coriolis densitometer* untuk diarahkan ke masing – masing tangki timbun.

Pada proses deteksi bahan bakar, terdapat kendala dalam membedakan produk Premium dan Pertamina (Fikko, 2016), dimana keduanya hanya dapat dibedakan dari tingkat kejernihannya saja menggunakan inspeksi visual secara manual. Hal ini disebabkan karena nilai densitas dari Pertamina dan Premium memiliki nilai yang hampir sama berkisar $715 - 770 \text{ Kg/m}^3$. Selain itu untuk produk lainnya, densitas dari BBM mudah berubah seiring dengan perubahan suhu. Sehingga diperlukan penyesuaian ulang melalui HMI (Fikko, 2016). Maka dari itu diperlukan sebuah inovasi rancang bangun sistem monitoring yang dapat meningkatkan keakurasian pendeteksian BBM. Salah satunya dengan menggunakan pengukuran warna dari produk BBM PT. Pertamina Indonesia (Fikko, 2016). Maka dalam tugas akhir ini telah dilakukan perancangan sistem deteksi bahan bakar cair menggunakan metode *image processing* berbasis *Raspberry-Pi*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah bagaimana merancang sistem deteksi bahan bakar cair di dalam pipa transparan menggunakan metode *image processing* berbasis *Raspberry-Pi*

1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, cakupan bahasan akan dibatasi sebagai berikut;

- a. Produk bahan bakar cair yang digunakan adalah produk olahan PT. Pertamina Indonesia dengan jenis Pertamina, Solar, dan Kerosene.
- b. Pembuatan *interface* dilakukan dengan perbandingan volume : volume pada volume total 500 ml

- c. Perancangan sistem masih dalam skala lab dan menggunakan fluida dinamis yang mengalir dalam pipa transparan dengan skala 0.8 : 30 cm
- d. Pengambilan data dilakukan pada suhu ruangan 20 – 25 °C.
- e. Digunakan kamera *Logitech C920*, *flowmeter* jenis *hall effect* sebagai sensor, DC (*Direct Current*) *motor pump* sebagai pemompa bahan bakar, dan *Raspberry-Pi 2 B V1.1* sebagai *Single Board Computer*

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merancang sistem deteksi bahan bakar cair di dalam pipa transparan menggunakan metode image processing berbasis Raspberry-Pi

Halaman ini memang sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Pipeline Shipment*

Teknologi *pipeline shipment* PT. Pertamina Indonesia saat ini telah menggunakan sistem kontrol otomatis. Sistem ini diterapkan salah satunya untuk melakukan *batch tracking* atau pemantauan jenis bahan bakar yang mengalir dalam pipa. Salah satunya pada *Marketing Operation Region IV Semarang* pada *Terminal Automation System* (TAS) di lokasi Terminal BBM (TBBM) Boyolali (Fikko, 2016). Pemantauan dilakukan oleh dua densitometer corialis Morbey Slarton sesuai pada **Gambar 2.1** yang diletakkan sejauh 1,3 Km dan 151 m dari TBBM Boyolali. Densitometer ini akan memicu *manifold* (beberapa *motor operated valve* yang digunakan untuk memisahkan produk bahan bakar cair) (Fikko, 2016). Sebagai pendeteksi nilai *flowrate* sebagai salah satu parameter perhitungan nilai *timer* untuk membuka dan menutup *valve*, digunakan *turbine flowmeter*.



Gambar 2.1 Densitometer Morbey Solartron

Namun sistem pendeteksian tersebut tidak mampu membedakan antara produk pertamax dan premium karena densitasnya yang hampir bermiripan. Sehingga mengharuskan operator memantau secara visual. Adapun saran yang diberikan dalam

penelitian tersebut adalah dengan mengaplikasikan *colorimeter* untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan proses penerimaan dan penimbunan (Fikko, 2016). Dalam hal ini diperlukan sistem *machine vision* yang handal dengan standar industri untuk mengeliminasi kekurangan tersebut.

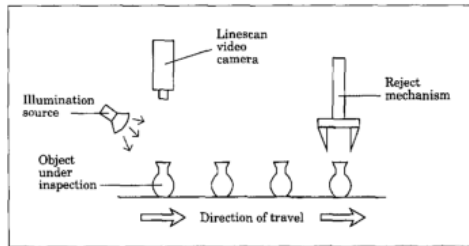
2.2 Machine Vision

Semenjak tahun 90-an banyak sekali dilakukan penelitian mengenai sistem pengelihat manusia. Hal ini dikarenakan proses identifikasi berdasarkan pengelihat manusia dapat direkayasa menggunakan sistem komputer yang telah berkembang saat ini khususnya di bidang perindustrian. Sehingga, telah banyak teknologi mesin yang menggunakan teknologi *machine vision*. Hingga saat ini telah jarang sekali menemukan industri yang tidak menggunakan teknologi *machine vision* untuk menginspeksi, mengukur kualitas, atau melakukan manufaktur. Salah satu contohnya adalah pada industri telekomunikasi “Motorola” dalam melakukan inspeksi pada semikonduktor (Malamas, 2003).

Pada umumnya *machine vision* pada industri dapat dibedakan menjadi dua yaitu *automated assembly by robots*, dan *automated visual inspection* (AVI). Terdapat dua pengaplikasian AVI dalam industri, yaitu sebagai pengukuran dan pengontrolan kualitas atau sebagai pengukuran secara statistik untuk proses manufaktur (Thomas, 2009). Selain itu AVI memiliki banyak kelebihan seperti nilai error yang kecil, dan memiliki biaya operasional yang kecil. **Gambar 2.2** berikut menunjukkan salah satu sistem AVI yang diterapkan dalam industri

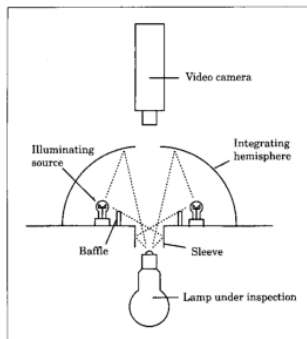
Dalam sistem AVI hal paling krusial adalah waktu siklus diantara aksi dan analisis yang dilakukan dalam sistem. Jika waktu analisis lebih lama daripada kecepatan proses maka akan terjadi tumpang tindih antar produk, sehingga terjadi kesalahan sistem. Davies menjelaskan bahwa untuk melakukan inspeksi meskipun hanya dalam satu baris mampu melakukan inspeksi 10 buah per detik (yang akan lebih banyak jika dilakukan pada banyak line) (Davies, 2017).

Kecepatan proses deteksi dan pengambilan keputusan juga ditentukan oleh algoritma pemrograman dan kemampuan *processor*.



Gambar 2.2 Sistem *machine vision*

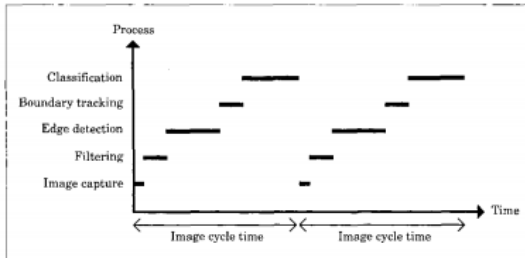
Dalam perancangan sistem AVI salah satu komponen terpenting adalah sistem illuminasi yang digunakan. Menurut Batchelor (Kadir, 2013) terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam sistem illuminasi seperti, homogenitas, menghilangkan bayangan, dan *glare* yang terjadi dari sumber illuminasi. Salah satu contoh desain iluminasi yang digunakan dalam industri adalah seperti pada **Gambar 2.3** berikut



Gambar 2.3 *Diffuse illumination system*

Salah satu aspek penting dalam *machine vision* adalah *robustness*, akurasi, *reliability*. Dalam menentukan performa sistem inspeksi terdapat beberapa metode verifikasi antara lain *Quirk model*. Model ini mempertimbangkan karakteristik waktu bukan algoritma

dan logika dari sistem. Waktu menunjukkan setiap proses yang terjadi, meliputi waktu eksekusi maksimum dan minimum. Sehingga didapatkan waktu keseluruhan proses. Berikut pada **Gambar 2.4** adalah contoh diagram *Quirk Model* untuk klasifikasi proses terhadap waktu pada setiap siklus secara *real-time* (Thomas, 2009)



Gambar 2.4 Diagram *Quirk Model*

2.3 Pengolahan Citra

Pengolahan citra merupakan sebuah cara untuk mendapatkan informasi, memanipulasi, dan memodifikasi citra digital yang umumnya dilakukan menggunakan algoritma tertentu dengan alat bantu komputer yang bertujuan untuk keperluan tertentu seperti pemetaan, fotografi, dan robotika. Secara umum, istilah pengolahan citra digital menyatakan pemrosesan gambar dua dimensi melalui proses komputasi digital (Kadir, 2013). Sebelum dilakukan pengolahan citra, sebaiknya dilakukan tahap pre-processing terlebih dahulu. Tahap ini berfungsi untuk memperbaiki kualitas citra sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut. Perbaikan kualitas citra dapat melalui proses *smoothing* dan *sharpening* yang berfungsi untuk menghilangkan *noise* pada citra yang akan diolah (Kadir, 2013). Teknik *smoothing* digunakan untuk menghaluskan citra, sedangkan teknik *sharpening* digunakan untuk mempertajam citra.

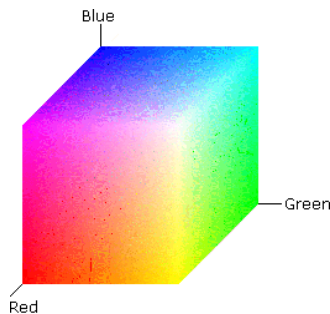
Pada tugas akhir ini, proses pengolahan citra ditujukan untuk melakukan pengambilan informasi warna pada ruang warna HSV (*Hue*, *Saturation*, dan *Value*) dan interpretasi terhadap citra yang diamati oleh sistem deteksi. Informasi yang diambil adalah warna dari objek yang dideteksi, sehingga dapat dilakukan pengambilan keputusan. Dalam bahasan pengolahan citra terdapat

beberapa konsep yang berkaitan dengan perancangan sistem ini, yaitu konversi matriks citra pada ruang warna RGB ke HSV, penentuan *Region of Interest* (ROI), operasi rata – rata nilai matriks pada *layer* HSV pada ROI.

2.4 Sistem Warna Digital

Dalam pengolahan citra secara digital, dikenal beberapa jenis mode warna (*color space*). Mode warna ini adalah bentuk representasi matrix citra dalam model tertentu. Mode warna yang banyak digunakan adalah RGB, CMYK, HSL, dan HSV. Mode warna RGB merupakan mode warna dasar karena mode warna ini paling sederhana. Model warna ini secara universal digunakan pada kamera digital untuk menggambarkan objek yang ditangkap oleh sensor CCD (*Charge Coupled Device*) maupun CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*), sedangkan mode warna HSV sebagai mode yang dipilih karena mode warna ini memiliki kelebihan dalam tingkat kepresisian pembacaan nilai HSV

2.4.1 Sistem warna RGB

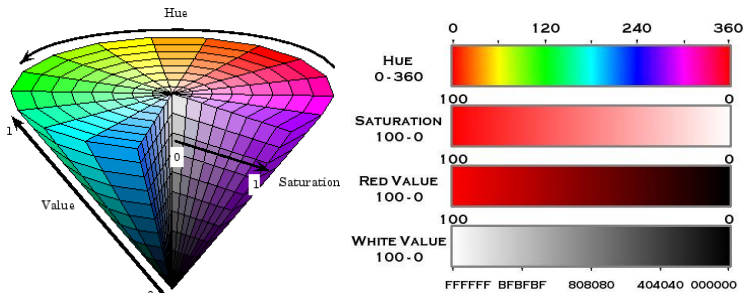


Gambar 2.5 Sistem warna RGB (Microsoft, 2018)

Sistem warna RGB adalah sistem warna yang dinyatakan dalam tiga variabel yaitu *Red*, *Green*, *Blue*. Ketiga variabel tersebut memiliki rentang nilai yang sama yaitu 0 – 255 (pada sistem kamera delapan bit). Nilai ini merepresentasikan intensitas warna merah, biru, dan hijau. Citra digital dalam format RGB memiliki tiga matrix yang saling bertumpuk masing-masing menunjukkan matrix R, G, dan B

secara terpisah. Berikut pada **Gambar 2.5** diatas merupakan sistem warna RGB

2.4.2 Sistem warna HSV



Gambar 2.6 Sistem warna HSV (Kemal, 2014)

Sistem warna HSV (*Hue, Saturation, Value*) seperti pada **Gambar 2.6** adalah sistem warna yang menyatakan warna dalam 3 variabel yaitu *Hue, Saturation*, dan *Value*. Nilai *Hue* merepresentasikan jenis warna yang merupakan nilai kombinasi RGB dalam besaran sudut. Pada dasarnya nilai *Hue* dibagi dalam juring lingkaran sehingga jangkauan nilainya adalah 0 – 360, namun karena dalam bahasa pemrograman Open CV hanya terbatas delapan bit (0 – 255) maka nilai *hue* reduksi menjadi setengah lingkaran (0 – 179) pada sistem yang digunakan. Sehingga hubungan antara nilai *hue* yang ditunjukkan pada sistem ini dengan nilai *hue* sebenarnya dirumuskan sesuai dengan persamaan 2.1 berikut

$$Hue_{sebenarnya} = 2 \times Hue_{terbaca} \dots\dots\dots (2.1)$$

Nilai *saturation* merepresentasikan tingkat kekuatan warna jangkauan nilai pada sistem yang dibuat adalah 0 – 255. Pada dasarnya nilai *saturation* memiliki nilai 0 – 100. Sehingga hubungan antara nilai *saturation* yang ditunjukkan pada sistem ini dengan nilai *saturation* sebenarnya dirumuskan sesuai dengan persamaan 2.2 berikut

$$Saturation_{sebenarnya} = 0.39215686 \times Saturation_{terbaca} \dots (2.2)$$

Sedangkan nilai Value merepresentasikan tingkat iluminasi yang terpisahkan dari nilai *hue* dan *saturation* dengan jangkauan nilai 0 – 255. Pada dasarnya nilai *value* memiliki nilai 0 – 100. Sehingga hubungan antara nilai *value* yang ditunjukkan pada sistem ini dengan nilai *value* sebenarnya dirumuskan sesuai dengan persamaan 2.3 berikut

$$Value_{sebenarnya} = 0.39215686 \times Value_{terbaca} \dots\dots (2.3)$$

Pada tugas akhir ini digunakan sistem warna HSV karena objek yang akan diidentifikasi adalah warna bahan bakar yang beragam beserta campuran antar kedua jenis bahan bakar. Semakin banyak parameter (kanal) yang digunakan maka semakin mudah untuk mencirikan setiap jenis bahan bakar, sehingga span menjadi lebih besar. Berbeda dengan sistem warna *grayscale* yang hanya memiliki span 255 hanya pada satu kanal, sehingga dapat dimungkinkan kesamaan nilai untuk warna yang hampir bermiripan. Selain itu, sistem warna HSV memberikan informasi fisis (jenis warna, kekuatan warna, keterangan warna) yang terpisah pada setiap kanalnya, berbeda dengan sistem warna RGB yang tidak mendefinisikan informasi fisis yang terpisah.

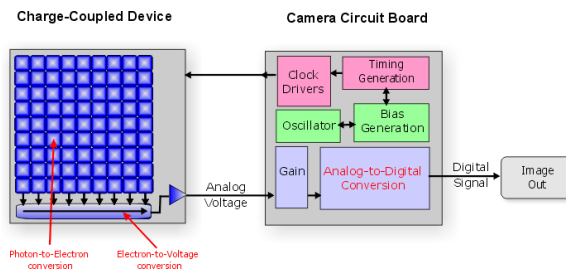
2.5 Kamera Digital

Kamera digital adalah instrumen perekam gambar secara elektronik. Secara umum kamera terdiri dari beberapa bagian meliputi lensa, diafragma, *aperture*, *shutter release*, dan sensor. Lensa merupakan bagian yang vital dalam sistem kamera karena pertama kali cahaya masuk dalam sistem ini. Beberapa jenis sensor kamera digital yang saat ini banyak digunakan adalah jenis CCD, EMCCD, CMOS, dan ICCD.

Dalam tugas akhir ini digunakan kamera digital dengan sensor jenis CCD karena harga yang terjangkau. Kamera yang digunakan pada sistem yang dirancang adalah kamera jenis *Logitech HD C920*. Adapun spesifikasi kamera yang digunakan dapat dilihat pada **Lampiran C**.

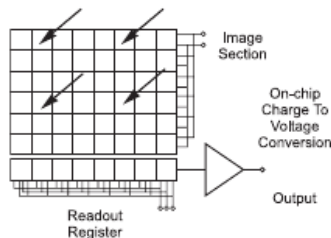
2.5.1 Sensor kamera

Kamera CCD (*Charge-Coupled Device*) adalah jenis kamera dengan sensor dalam ukuran pixel berupa phototransistor yang terhubung dengan rangkaian amplifier. Ketika paket cahaya atau foton membentur phototransistor tersebut, akan timbul muatan listrik yang kemudian dikuatkan oleh rangkaian amplifier. **Gambar 2.7** berikut adalah skematik setiap piksel dari sensor CCD beserta proses konversinya.



Gambar 2.7 Skema sensor CCD dan komponen pemrosesan sinyal

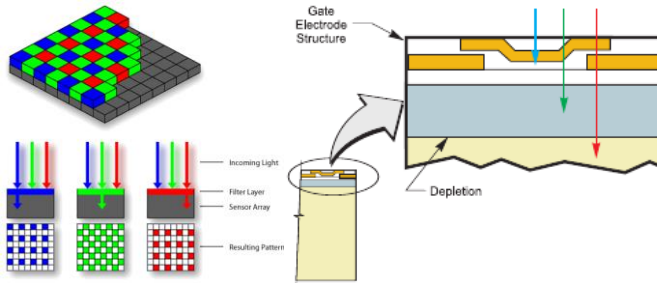
Ketika foton mengenai sensor pada piksel tertentu, fenomena ini menghasilkan elektron yang dibaca oleh register pada proses konversi elektron menjadi tegangan. Karena disusun dalam matriks maka dilakukan pemindaian secara berkala dalam proses pembacaannya. Adapun skema terjadinya perekaman nilai pada setiap piksel saat terkena foton dapat dilihat pada **Gambar 2.8** berikut.



Gambar 2.8 Skema foton mengenai permukaan sensor CCD

Setiap piksel pada sensor terdiri dari lapisan semikonduktor dengan konfigurasi tertentu sehingga dapat membaca nilai RGB

secara terpisah. Proses pemisahannya dibantu menggunakan filter dan *microlens*. Pada **Gambar 2.9** adalah skema sensor tiap piksel untuk memfilter setiap data warna dalam mode RGB.



Gambar 2.9 Susunan Filter RGB pada sensor CCD

2.5.2 Data kamera digital

Data kamera digital direkam berupa data dengan bentuk matriks tiga *layer* sejumlah piksel sesuai dengan resolusi kamera. Setiap elemen matriksnya berupa nilai delapan bit. Ketiga *layer* matriks ini terdiri dari *layer Red*, *Green*, dan *Blue* sedangkan nilai setiap elemen menunjukkan intensitas setiap warna tersebut. Data matrix RGB ini kemudian dikirim melalui komunikasi serial baik berupa USB (*Universal Serial Bus*), I2C, SPI, maupun UART.

Dalam tugas akhir ini, data kamera digital dikirimkan melalui komunikasi serial USB. Protokol ini digunakan sebagai *default* dalam proses transfer data dalam kamera digital. Kelebihan menggunakan protokol ini adalah digunakan secara umum sehingga sangat mudah penggunaannya.

2.6 Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan komputer kecil atau *Single Board Computer* (SBC) sebesar kartu kredit dengan harga murah dan dikembangkan di Inggris oleh Raspberry Pi Foundation. Di mana ide awal berasal dari empat mahasiswa Universitas Cambridge yang melakukan eksperimen pada anak-anak mengenai pengalaman anak-anak yang menjadikan pengalaman tersebut menjadi hobi mereka, dan keempat mahasiswa tersebut yaitu Eben Upton, Rob

Mullins, Jack Lang dan Alay Mycroft. Raspberry Pi bersifat *open source* (berbasis Linux) dan bisa dimodifikasi sesuai kebutuhan penggunanya. Sistem operasi utama Raspberry Pi menggunakan Debian GNU/Linux dan menggunakan bahasa pemrograman Python. Salah satu pengembang OS untuk Raspberry Pi telah meluncurkan sistem operasi yang dinamai Raspbian, Raspbian diklaim mampu memaksimalkan perangkat Raspberry Pi. Sistem operasi tersebut dibuat berbasis Debian yang merupakan salah satu distribusi Linux OS [13]. Untuk bentuk Raspberry Pi yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 2.10**. Spesifikasi lebih lanjut dapat dilihat pada **Lampiran B**



Gambar 2.10 Raspberry Pi 2 Model B (Raspberrypi.org)

2.7 Open Computer Vision (CV)

OpenCV (*Open Source Computer Vision*) adalah sebuah API (*Application Programming Interface*) *Library* yang sudah sangat familiar pada pengolahan citra *Computer Vision*. *Computer Vision* itu sendiri adalah salah satu cabang dari Bidang Ilmu Pengolahan Citra (*Image Processing*) yang memungkinkan komputer dapat melihat seperti manusia (Kadir, 2013). Dengan *computer vision*, komputer dapat melakukan seperti pada otak manusia.

OpenCV dapat diterapkan pada bahasa pemrograman seperti C++, C, Python, Java, dan MATLAB. Sedangkan untuk sistem operasi, OpenCV mendukung untuk banyak sistem operasi seperti Windows, Linux, Android, dan Mac OS. Terdapat lebih dari 2500 algoritma yang telah dioptimalkan untuk melakukan algoritma *computer*

vision dan *machine learning*. Beberapa pengimplementasian dari algoritma-algoritma tersebut adalah *Face Recognition*, *Face Detection*, *Face/Object Tracking*, *Road Tracking*, mengklasifikasi tindakan manusia dalam video, mengekstrak model-model 3D obyek, menghasilkan titik awan 3D dari kamera *stereo*, dan lain sebagainya.

2.8 Python

Python adalah sebuah bahasa pemrograman yang mudah dipelajari. Python memiliki struktur data tingkat tinggi yang efisien dan pendekatan terhadap pemrograman berorientasi objek yang sederhana namun efektif. Sintak python yang elegan dan *typing* dinamis, bersama-sama dengan sifatnya yang *interpreter*, menjadikan python bahasa yang ideal untuk pemrograman *scripting* dan *rapid application development* dalam berbagai bidang dan hampir semua *platform*. Python menjadi bahasa *official* yang terintegrasi dalam Raspberry Pi. Kata “Pi” pada Raspberry Pi merupakan singkatan yang merujuk pada “Python” (Kadir, 2013).

Python dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1990 di CWI, Amsterdam sebagai kelanjutan dari bahasa pemrograman ABC. Versi terakhir yang dikeluarkan CWI adalah 1.2. Pengembangan Python terus dilakukan oleh sekumpulan pemrogram yang dikoordinir Guido dan Python Software Foundation. Saat ini distribusi Python sudah mencapai versi 2.6.1 dan versi 3.0 (Kadir, 2013).

Sisi utama yang membedakan Python dengan bahasa lain adalah dalam hal aturan penulisan kode program dengan aturan indentasi, tipe data, tuple, dan *dictionary*. Python memiliki kelebihan tersendiri dibandingkan dengan bahasa lain terutama dalam hal penanganan modul, ini yang membuat beberapa *programmer* menyukai python. Selain itu, python merupakan salah satu produk yang *open source*, *free*, dan *multi-platform* (Kadir, 2013).

Halaman ini memang sengaja dikosongkan

BAB III

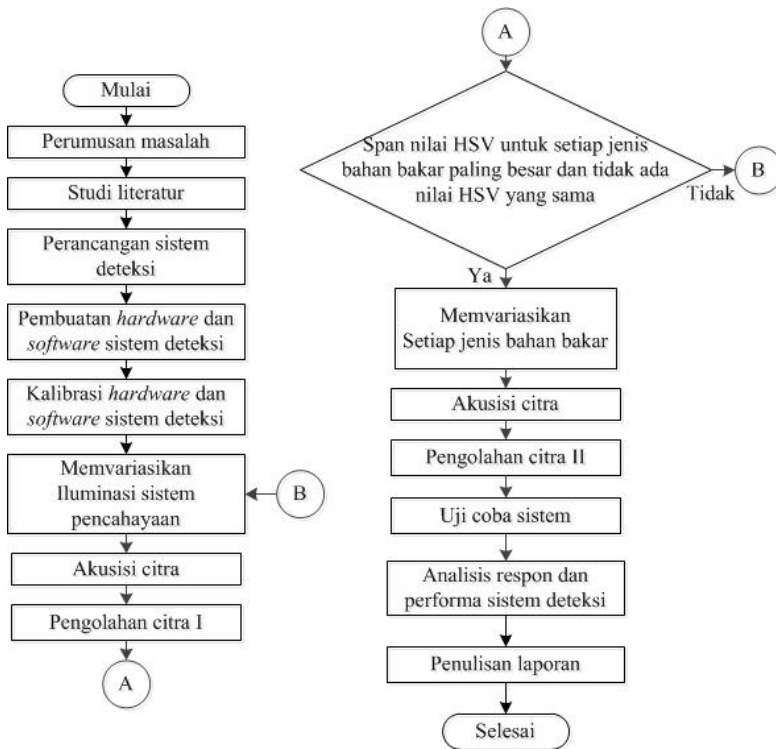
METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai metodologi yang dilaksanakan dalam tugas akhir ini. Pada umumnya berikut adalah beberapa metode yang dilakukan untuk menjawab permasalahan dan tujuan yang diangkat dalam tugas akhir ini;

- a. Menentukan jenis – jenis alat dan bahan yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ini meliputi kebutuhan *hardware* dan *software* yang digunakan untuk merancang sistem deteksi hingga pengambilan data
- b. Menentukan rancang bangun alat, realisasi alat, serta metode pengambilan data, pengolahan data, dan representasi data yang digunakan dalam penelitian ini
- c. Menentukan bentuk – bentuk percobaan yang akan dilakukan untuk mengetahui spesifikasi rancang bangun yang telah dibuat, pencahayaan optimal, dan minimal yang dibutuhkan sistem, serta respon sistem untuk setiap jenis bahan bakar.

Ketiga langkah diatas merupakan prosedur umum penelitian pada tugas akhir ini. Prosedur secara lengkap akan dijelaskan pada **Gambar 3.1** Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perumusan masalah, studi literatur, perancangan *hardware* dan *software*, kalibrasi dan karakterisasi sistem meliputi penentuan iluminasi optimal, pembuatan algoritma *image processing*, pengujian sistem dengan mengetahui nilai HSV untuk setiap jenis bahan bakar dan campuran dari setiap keduanya, analisis data nilai HSV yang didapatkan sehingga didapatkan persamaan hubungan antara nilai HSV dengan jenis bahan bakar, dan penyusunan laporan.

Berikut ini adalah tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, secara umum dapat dilihat pada **Gambar 3.1** berikut.

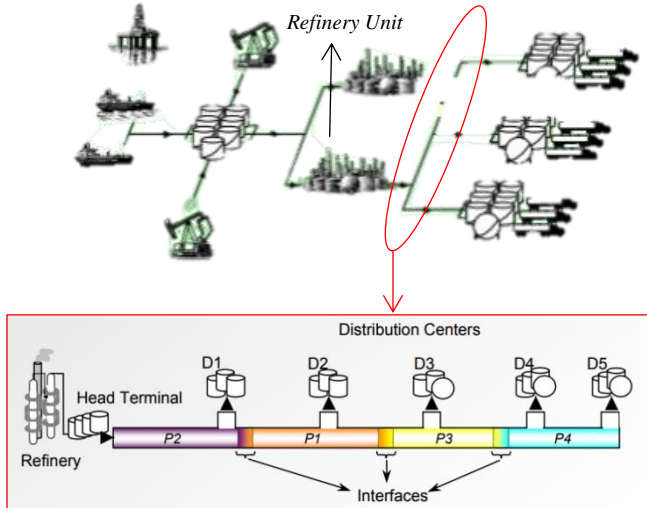


Gambar 3.1 *Flowchart* tahapan – tahapan penelitian

3.1 Perumusan Masalah dan Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur mengenai permasalahan yang terjadi dalam proses pendeteksian BBM di dunia perindustrian minyak dan gas, khususnya di PT. Pertamina Indonesia. Disebutkan di sebuah artikel ilmiah hasil laporan kerja praktik, didapatkan beberapa kesulitan dalam mendeteksi produk BBM dalam proses pemantauan dalam pipa pengiriman BBM untuk ditimbun. Penulis memberikan saran untuk menggunakan *colorimeter* untuk meningkatkan akurasi pendeteksian BBM

(Fikko, 2016). Adapun bagian proses distribusi dengan sistem *pipeline batch control* dapat dilihat pada **Gambar 3.2** berikut

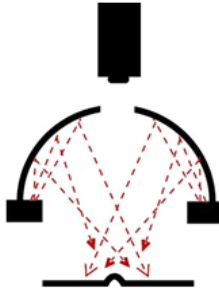


Gambar 3.2 *Pipeline shipment* pada industri perminyakan

Dimana “P” berarti jenis produk, “D” berarti pusat distribusi atau tanki timbun. Produk yang telah dimurnikan dikirimkan pada beberapa pusat distribusi melalui satu pipa pengiriman. Setiap produk diberi pewarna sebagai pembeda satu sama lainnya. Secara konvensional untuk memonitoring produk yang melewati pipa dilakukan secara manual melalui inspeksi visual. Maka diperlukan perancangan sistem inspeksi menggunakan *machine vision*.

Selanjutnya, dilakukan studi mengenai perancangan sistem *machine vision* yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis bahan bakar minyak beserta komponen komponen pendukung sistem yang cocok digunakan dalam perancangan alat melalui beberapa artikel ilmiah dan website perusahaan yang bergerak di bidang instrumentasi. Serta dilakukan studi mengenai karakteristik BBM (Premium, Pertalite, Pertamax, dan Kerosene). Adapun berikut pada **Gambar 3.3** merupakan sistem pencahayaan yang akan

digunakan yaitu teknik pencahayaan *diffuse* (*full bright field*) *lighting*. Teknik ini sangat cocok digunakan untuk sampel yang tidak rata atau rentan terjadi *specular reflection*, sehingga dibutuhkan pencahayaan dari segala arah yang merata.

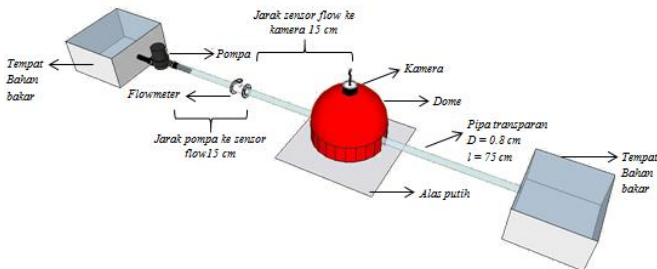


Gambar 3.3 *Dome diffuse lighting*

3.2 Perancangan dan Pembuatan *Hardware* Sistem Deteksi

Setelah melakukan studi literatur pada beberapa artikel ilmiah, jurnal, dan website perusahaan instrumentasi, dilakukan perancangan alat dan sistem berupa *packaging* pengondisian area pendeteksian (*lighting chamber*), konfigurasi sistem pencahayaan, pemilihan sumber cahaya, dan pemosisian kamera.

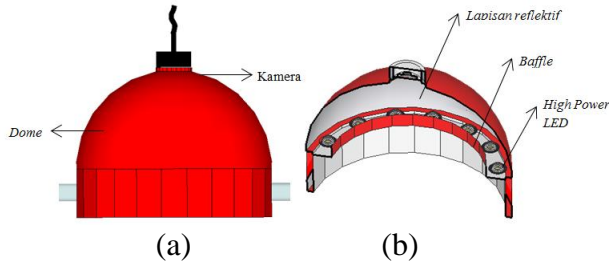
Secara keseluruhan desain eksperimen perancangan sistem deteksi dapat dilihat pada **Gambar 3.4** berikut



Gambar 3.4 Rancang bangun sistem deteksi

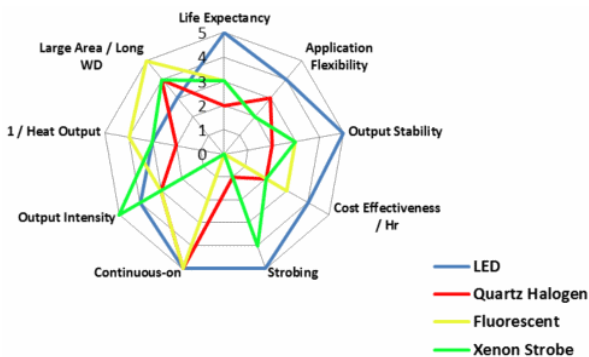
3.2.1 Desain sistem pencahayaan

Adapun desain sistem pencahayaan *dome diffuse* yang digunakan dirancang sesuai pada **Gambar 3.5** berikut



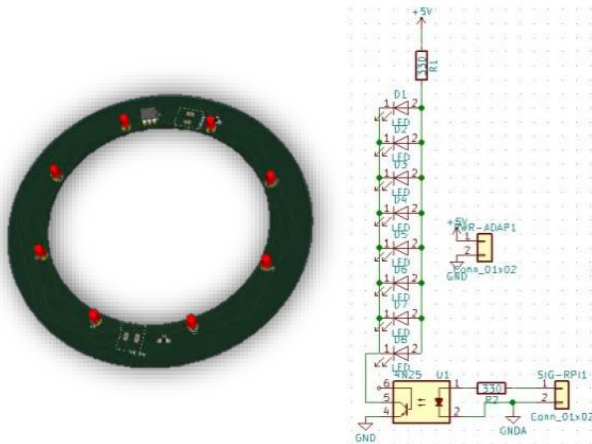
Gambar 3.5 (a) Hasil desain *lighting chamber* (b) tampak belahan melintang tiga dimensi

Pada versi *prototype* ini, *Lighting chamber* yang digunakan terbuat dari bahan plastik dengan diameter 13 cm. Pada lapisan dalam *dome* digunakan lapisan aluminium (Al) reflektif untuk merefleksikan cahaya dengan baik ke segala arah pada sampel. Sumber cahaya yang digunakan adalah sumber cahaya LED (*Light Emitting Diode*), adapun beberapa parameter yang dipertimbangkan dalam pemilihan sumber cahaya tersebut sesuai pada **Gambar 3.6** berikut



Gambar 3.6 Performa sumber cahaya dari beberapa parameter

Pada **Gambar 3.6** Dapat dilihat bahwa LED memiliki keunggulan daripada sumber cahaya yang lainnya pada parameter keandalan (*life expectancy*), kestabilan *output*, keefektifan biaya, kemampuan *strobing* (dimodulasi), dan ketahanan beroperasi. Sistem iluminasi terdiri dari delapan LED yang diposisikan diatas rangkaian PCB (*Project Circuit Board*) berbentuk lingkaran dengan pemosisian pada setiap 45° seperti pada **Gambar 3.7** berikut. Desain rangkaian PCB dilakukan menggunakan *software* KiCad.

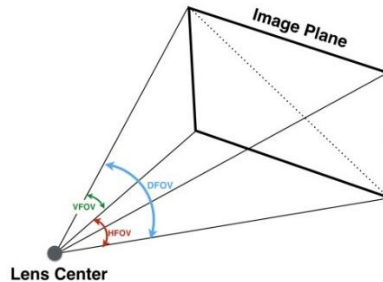


Gambar 3.7 Desain PCB tampak atas dan rancangan rangkaian LED pada sistem pencahayaan

3.2.2 Perancangan tata letak kamera

Posisi kamera diletakkan menempel pada sisi *dome* tegak lurus terhadap pipa transparan berukuran 0.8 cm, hal ini dilakukan untuk mengurangi *glare* sebagai *noise* yang terjadi pada citra. Kamera yang digunakan adalah kamera *Logitech HD C920*. Memiliki rasio resolusi sensor CCD 16 : 9 dengan DFOV (*Diagonal Field of View*) sebesar 78° , HFOV (*Horizontal Field of View*) sebesar 70.42° , dan VFOV (*Vertical Field of View*) sebesar 43.30° . Spesifikasi lebih lanjut dapat dilihat pada **Lampiran C**.

adapun gambaran dari DFOV, HFOV, dan VFOV dapat dilihat pada **Gambar 3.8** berikut



Gambar 3.8 Bagian DFOV, HFOV, dan VFOV pada kamera

Karena objek yang akan diamati adalah pipa transparan sepanjang 13 cm maka menggunakan perhitungan trigonometri dengan meletakkan kamera pada jarak paling minimal sejauh 2.4 cm dari objek sudah cukup untuk menangkap citra objek. Namun untuk mendapatkan hasil citra yang baik dan fokus, digunakan jarak terdekat paling minimal sebesar 3 cm. Maka dari itu, menyesuaikan dengan bentuk *lighting chamber* yang telah dibuat, maka kamera diletakkan pada jarak 6 cm terhadap objek.

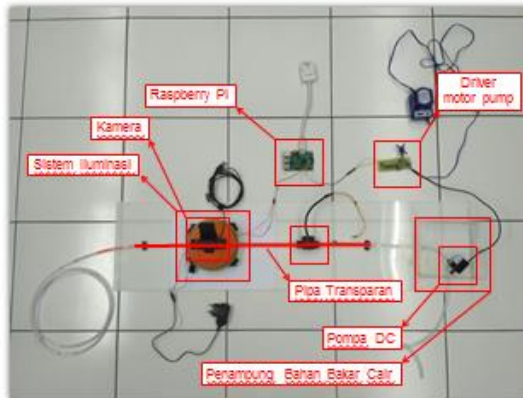
3.2.3 Pembuatan *hardware*

Dari perancangan *hardawre* yang telah dibuat. Berikut pada **Gambar 3.9** merupakan hasil dari realisasi dari perancangan yang telah dilakukan.



Gambar 3.9 Realisasi hardware sistem deteksi

Berikut pada **Gambar 3.10** merupakan penjelasan komponen – komponen yang telah dibuat.



Gambar 3.10 Bagian – bagian komponen sistem deteksi

Sistem deteksi memiliki bentuk setengah bola dengan diameter 13 cm berbahan plastik. Pipa berbahan *borocylicate glass* transparan sepanjang 75 cm dengan diameter 0.8 cm digunakan sebagai tempat mengalirnya bahan bakar cair yang nantinya akan dideteksi menggunakan kamera *webcam* pada sistem deteksi. Spesifikasi pipa dapat dilihat pada **Lampiran E**. *Webcam* yang digunakan adalah Logitech HD C920 1080P. untuk membantu proses pengaliran bahan bakar digunakan pompa DC 12 Volt, 9 Watt. Penampung bahan bakar berukuran 15 x 15 x 3 cm terbuat dari akrilik. *Background* area pendeteksian menggunakan kertas berwarna putih. Pada bagian bawah digunakan alas akrilik berwarna putih buram berukuran 100 x 25 cm untuk menenmpatkan semua komponen yang akan digunakan.

- **Pembuatan sistem pencahayaan**

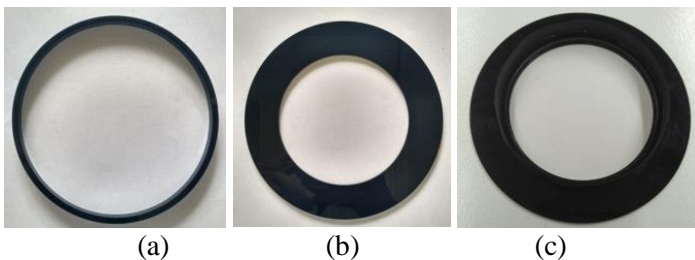
Proses pembuatan sistem pencahayaan meliputi pembuatan *dome*, pelapisan bagian dalam *dome* menggunakan lapisan reflektif, pembuatan rangkaian PCB LED, dan pembuatan *beafle*.

Berikut pada **Gambar 3.11** merupakan proses pembuatan *dome* dan pelapisan bagian dalam *dome* menggunakan aluminium. Hal ini dilakukan agar berkas dari sumber cahaya dapat dipantulkan dengan merata pada bidang pengamatan.



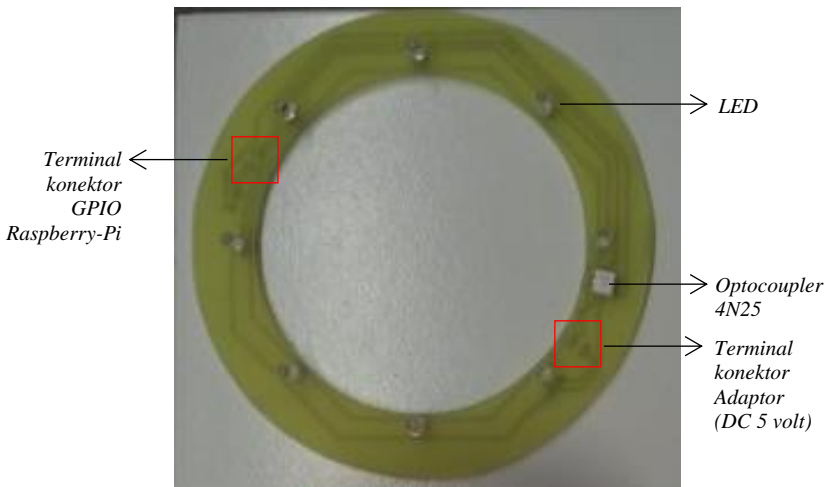
Gambar 3.11 Bagian dalam *dome* (a) sebelum dan (b) sesudah dilapisi aluminium

Setelah membuat *dome* selanjutnya dilakukan pembuatan *beafle* atau penghalang yang berguna untuk menghalangi berkas sumber cahaya langsung mengenai objek dan mengurangi *over-exposure* pada bidang pengamatan. Penghalang setinggi 1.5 cm berbahan kertas karton hitam digunakan dalam pembuatan *beafle*. Adapun pada **Gambar 3.12** merupakan hasil komponen dan hasil akhir *beafle* yang telah dibuat.



Gambar 3.12 Bagian (a) dasar dimana tempat kertas karton ditempelkan, (b) dasar tempat PCB dan (c) hasil penggabungan komponen pada gambar (a) dan (b)

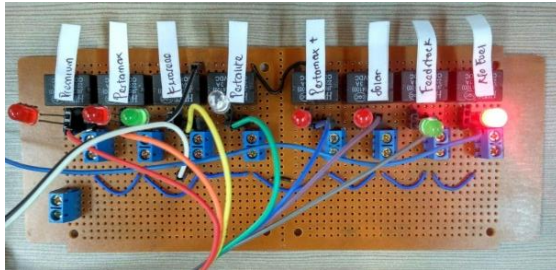
Selanjutnya dilakukan pembuatan rangkaian sumber cahaya. LED yang digunakan adalah jenis *high power LED* (HPL). Selain itu juga digunakan komponen resistor 330Ω , NPN DC Optocoupler 4N25, konektor untuk adaptor, dan konektor untuk *Raspberry-Pi*. Rangkaian LED sistem pencahayaan ini dapat diatur tingkat iluminasinya menggunakan pengaturan lebar pulsa yang dihasilkan oleh *Raspberry-Pi*. adapun hasil dari pembuatan rangkaian LED ini dapat dilihat pada **Gambar 3.13** berikut.



Gambar 3.13 Bentuk rangkaian sumber cahaya LED pada sistem pencahayaan

- **Pembuatan rangkaian relay dan LED indikator**

Dalam proses pembuatan rangkaian relay digunakan beberapa komponen seperti LED, transistor NPN, konektor untuk catu daya dari luar, dan konektor untuk *Raspberry Pi*. rangkaian relay ini digunakan untuk memberikan indikator serta memberikan aksi tertentu melalui mekanisme terbuka dan tertutupnya hubungan pada relay. Adapun rangkaian relay yang telah dibuat dapat dilihat pada **Gambar 3.14** berikut



Gambar 3.14 Rangkaian relay

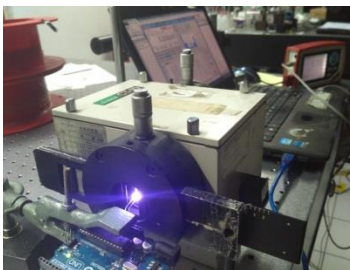
3.3 Kalibrasi dan Karakterisasi *Hardware* Sistem Deteksi

Pada bagian ini dilakukan karakterisasi setiap hardware yang digunakan pada penelitian ini meliputi sumber cahaya, pompa, *flowmeter*, dan kamera.

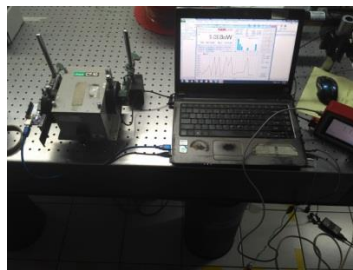
3.3.1 Karakterisasi sistem iluminasi

- **FWHM (*Full Width at Half Maximum*) LED**

Karakterisasi LED dilakukan di Laboratorium Rekayasa Fotonika, Departemen Teknik Fisika ITS. Berikut pada **Gambar 3.15** adalah proses dan *setup* pengambilan data intensitas LED pada beberapa panjang gelombang.



(a)

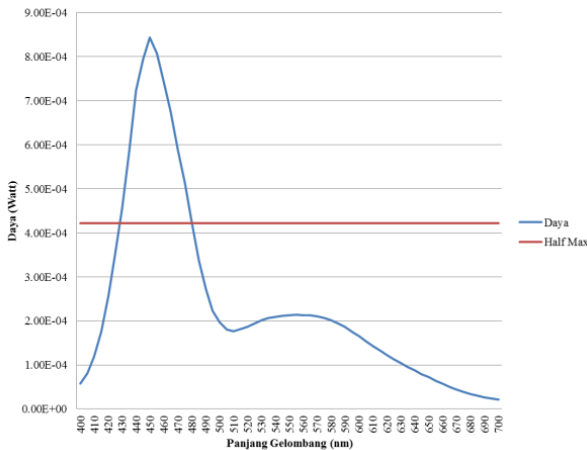


(b)

Gambar 3.15 *Setup* pengambilan data (a) tampak samping dan (b) tampak atas

Adapun beberapa peralatan yang digunakan dalam proses pengambilan data meliputi sumber tegangan 5 Volt dari Arduino Uno, monokromator, statif, *holder*, kabel USB, *Optical Power Meter* Thorlabs, Laptop yang telah terinstal *software* PM100D, dan sensor pada rentang panjang gelombang *visible* (400 – 700 nm).

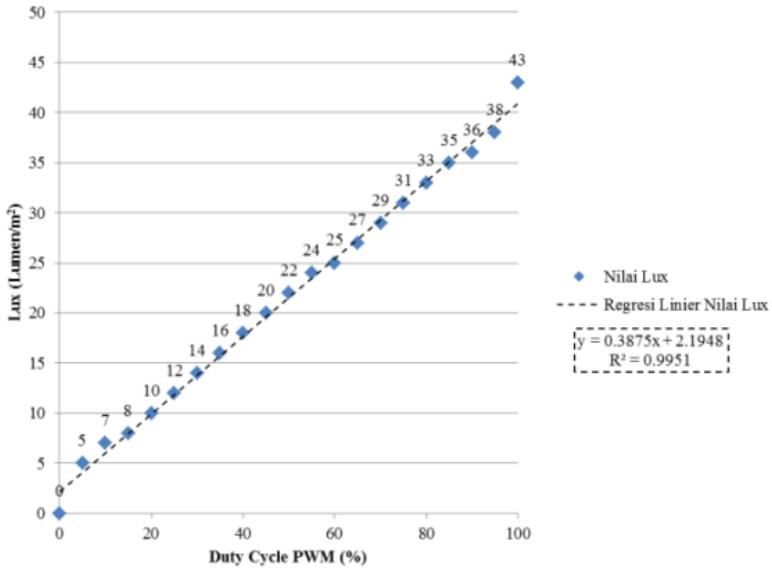
Setelah melakukan pengambilan data, didapatkan bahwa LED pada sistem iluminasi memiliki FWHM sebesar 50 nm pada rentang 430 – 480 nm. Adapun grafik panjang gelombang terhadap daya sumber cahaya dapat dilihat pada **Gambar 3.16** berikut



Gambar 3.16 Spektrum sumber cahaya

- **Pengaruh lebar pulsa PWM terhadap intensitas**

Intensitas dari sistem iluminasi dapat divariasikan dengan mengubah lebar pulsa atau *duty cycle* sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) yang dihasilkan oleh *Raspberry Pi* sehingga memiliki range nilai iluminasi pada 0 – 43 Lux. Adapun grafik hubungan antara nilai *duty cycle* dan iluminasi (Lux) seperti pada **Gambar 3.17** berikut



Gambar 3.17 Grafik iluminasi terhadap *duty cycle*

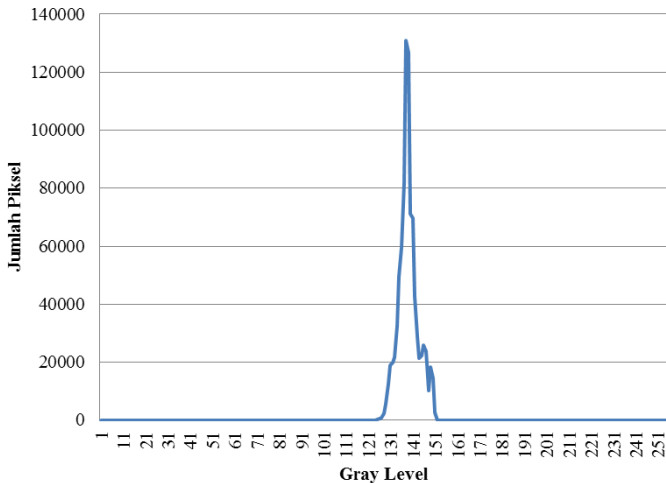
Dari grafik tersebut didapatkan bahwa sistem iluminasi dapat diatur secara linier dengan koefisien determinasi 0.9951. Hal ini diperlukan untuk mengetahui iluminasi paling efektif sehingga diperlukan variasi kondisi iluminasi secara periodik dan linier untuk mengidentifikasi citra yang dihasilkan.

3.3.2 Homogenitas sistem iluminasi

Homogenitas sistem iluminasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar variasi iluminasi yang tertangkap oleh kamera hasil dari perancangan sistem iluminasi yang telah dibuat. Adapun citra yang diidentifikasi seperti pada **Gambar 3.18** berikut



Gambar 3.18 Hasil iluminasi citra ber latarbelakang putih
Sehingga didapatkan histogram citra sesuai pada **Gambar 3.19** berikut



Gambar 3.19 Histogram citra yang ditinjau pada **Gambar 3.18**

Dari histogram tersebut didapatkan standar deviasi nilai *grayscale* citra sebesar 0,25 dan nilai varian sebesar 0,061. dari nilai ini menunjukkan bahwa pencahayaan dari sistem yang telah dibuat memiliki persebaran yang merata. Sistem pencahayaan yang merata diperlukan untuk memberikan keseragaman perlakuan pada objek yang akan di identifikasi.

3.3.3 Koreksi *white balance*

Agar warna citra yang didapatkan merupakan warna asli dari objek yang diidentifikasi perlu dilakukan koreksi warna pada kamera menggunakan persamaan matriks 3 x 3 sesuai pada persamaan (3.1) berikut

$$\begin{bmatrix} R_c \\ G_c \\ B_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} RW_{gt}/RW_m & 0 & 0 \\ 0 & GW_{gt}/GW_m & 0 \\ 0 & 0 & BW_{gt}/BW_m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \dots 3.1)$$

Dimana;

R/G/B Wgt = Nilai RGB palet putih yang telah diketahui

R/G/B Wm = Nilai RGB palet putih yang didapatkan

R, G, B = Nilai RGB sebelum dikoreksi

Rc, Gc, Bc = Nilai RGB setelah dikoreksi

Dengan membandingkan nilai RGB *white* standar dan RGB *white* yang didapatkan kamera dapat dicari nilai koreksi dengan mengacu pada nilai reflektansi yang telah didapatkan dari datasheet standar palet warna. Sehingga didapatkan persamaan koreksi *white balance* seperti pada persamaan (3.2), sehingga didapatkan citra sebelum dan sesudah koreksi seperti pada **Gambar 3.20** berikut

$$\begin{bmatrix} R_c \\ G_c \\ B_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,316129 & 0 & 0 \\ 0 & 1,221557 & 0 \\ 0 & 0 & 1,133333 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \dots\dots (3.2)$$



(a)



(b)

Gambar 3.20 Citra kamera (a) sebelum dan (b) sesudah dikoreksi

Nilai koreksi ini diperlukan untuk mengetahui nilai RGB dari objek pada kondisi yang sebenarnya, tanpa adanya pengaruh dari lingkungan.

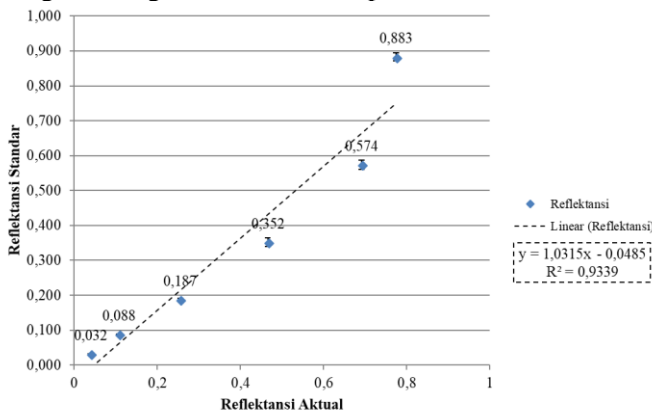
3.3.4 Linieritas sensor CCD

Untuk mengetahui linieritas sensor CCD dilakukan identifikasi citra grayscale dari palet grayscale standar yang telah diketahui nilai reflektansinya pada rentang panjang gelombang tampak (400 – 700 nm). Nilai reflektansi dari standar palet grayscale yang sudah diketahui dari datasheet dibandingkan dengan hasil yang didapatkan dari kamera. Berikut pada **Gambar 3.21** adalah



Gambar 3.21 Palet warna grayscale

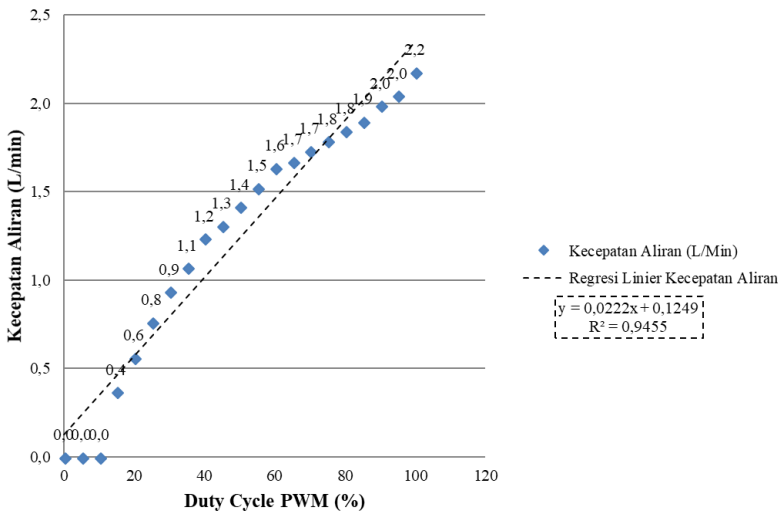
Dari proses identifikasi tersebut didapatkan linieritas sensor CCD yang baik dengan koefisien determinasi sebesar 0,9339 dan error (*mean square error*) sebesar 0,0072. adapun grafik perbandingan hasil reflektansi yang didapatkan kamera dibandingkan dengan standar sesuai pada **Gambar 3.22** berikut.



Gambar 3.22 Perbandingan nilai reflektansi standar dan aktual

3.3.5 Karakteristik pompa DC

Kecepatan aliran divariasikan dengan merubah nilai *duty cycle* dari sumber tegangan yang digunakan untuk mensuplai arus listrik ke pompa DC. Berikut merupakan grafik hubungan *duty cycle* pompa terhadap kecepatan aliran yang terukur oleh *flowmeter* sesuai pada **Gambar 3.23**



Gambar 3.23 Grafik hubungan *duty cycle* pompa terhadap kecepatan aliran yang terukur oleh *flowmeter*

Maka dari grafik pada **Gambar 3.23** dapat dilakukan variasi kecepatan aliran secara linier dengan koefisien determinasi 0.9455. Dengan mengetahui karakteristik ini maka kecepatan aliran dapat divariasikan sesuai dengan kebutuhan.

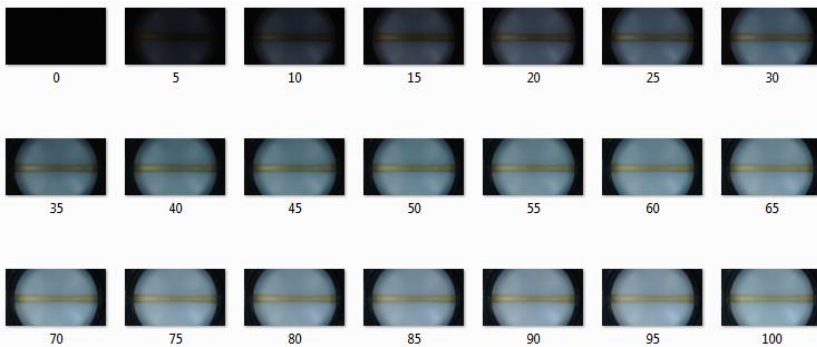
3.4 Akusisi Citra

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan gambar pipa transparan pada berbagai kondisi tingkat iluminasi serta variasi konsentrasi yang dilewatkan di dalam pipa transparan. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui iluminasi paling optimal yang dimana satu sama lain produk dapat dibedakan dengan baik serta

mendapatkan referensi data HSV untuk setiap jenis bahan bakar cair yang murni hingga campuran.

- **Variasi iluminasi sistem pencahayaan**

Karena LED memiliki kemampuan *strobing* yang baik, untuk menyesuaikan intensitas iluminasi digunakan PWM (*Pulse Width Modulation*). Berikut pada **Gambar 3.24** adalah contoh variasi iluminasi menggunakan PWM dengan kenaikan *duty cycle* sebesar 5% pada rentang 0 – 100%.



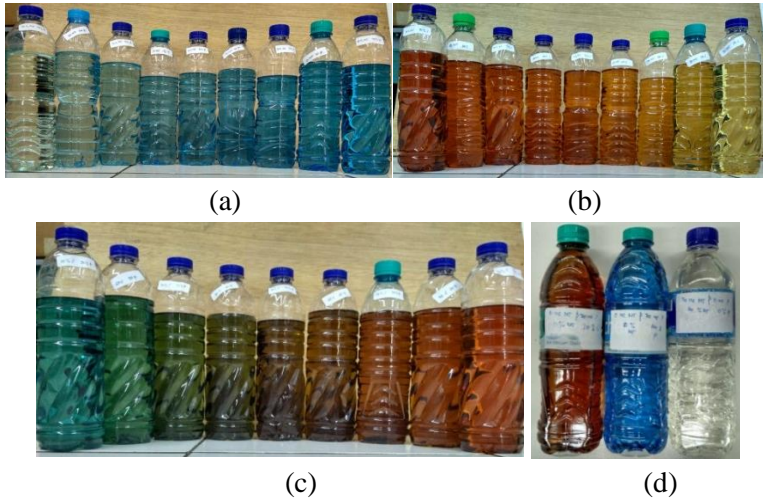
Gambar 3.24 Pengaruh variasi *duty cycle* LED terhadap hasil citra yang diakusisi

Proses ini dilakukan untuk mengetahui besarnya intensitas pencahayaan dengan kondisi optimal dan minimal untuk digunakan selama proses pendeteksian. Optimal berarti kondisi pencahayaan dimana data nilai HSV yang didapatkan memiliki span nilai HS (hue & saturation) paling besar dan tidak memberikan nilai HS yang sama untuk setiap jenis bahan bakar. Sedangkan, minimal berarti kondisi pencahayaan dimana nilai HS yang didapatkan memiliki span nilai HS paling kecil.

- **Variasi konsentrasi bahan baka cair**

Variasi dilakukan dengan perbandingan volume : volume dimana digunakan volume total 500 ml. variasi masing – masing

bahan bakar cair dibuat sebesar 100%, 10% & 90%, 20% & 80%, 30% & 70%, 40% & 60%, dan 50% & 50%. Adapun hasil variasi bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada **Gambar 3.25** berikut

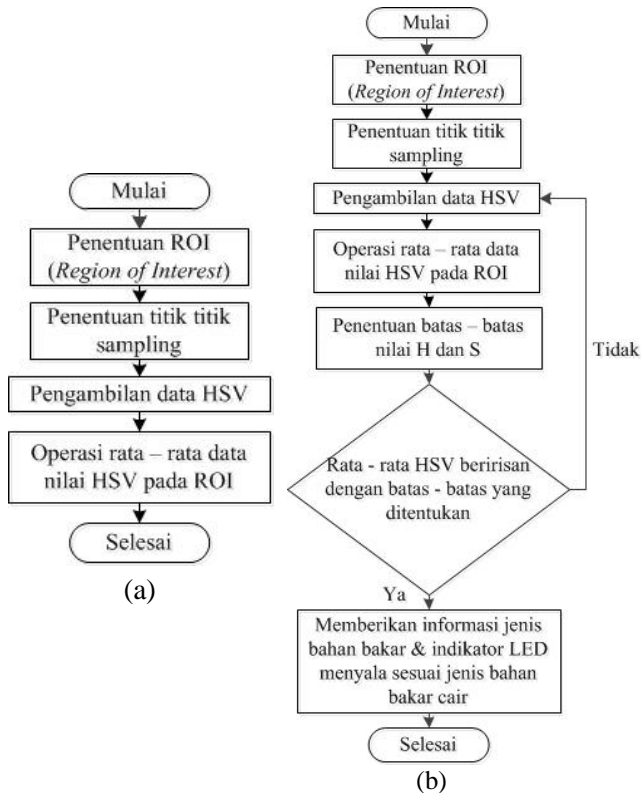


Gambar 3.25 Variasi bahan bakar cair jenis (a) pertamax & minyak tanah, (b) solar & minyak tanah, (c) solar & pertamax, dan (d) kondisi murni 100% dari setiap jenis bahan bakar cair

Melalui proses ini akan didapatkan nilai HSV untuk setiap variasi bahan bakar cair pada kondisi pencahayaan paling optimal. Selain itu juga untuk mengetahui respon dari kamera terhadap perubahan variasi tersebut.

3.5 Perancangan Algoritma Pengolahan Citra dan *Software* Sistem Deteksi

Dalam tahap ini dirancang dua jenis algoritma pengolahan citra sesuai dengan diagram alir pada **Gambar 3.26** berikut



Gambar 3.26 Diagram alir (a) pengolahan citra I dan (b) pengolahan citra II

Penentuan ROI yaitu tahapan pemilihan area yang terfokuskan pada citra yang telah di akusisi dengan baik untuk di identifikasi lebih lanjut. Hal ini dilakukan agar pemrosesan citra dapat dilakukan secara efektif, cepat, dan tidak banyak memakan kemampuan kerja dari *processor Raspberry Pi*. Untuk melakukan pemrosesan ini berikut adalah *script* program yang digunakan

```
ROI1 = frame[229:278,3:52]
ROI2 = frame[229:278,581:630]
cv2.rectangle(frame,(2,228),(52,278),(0,0,255),1)
cv2.rectangle(frame,(580,228),(630,278),(0,0,255),1)
```

Penentuan titik sampling yaitu tahapan penentuan titik sampling pada ROI. Titik sampling yang dipilih adalah pada seluruh titik di ROI

Pengambilan data HSV operasi rata - rata yaitu tahapan pengambilan nilai digital pada beberapa *pixel* dalam ROI untuk menjadi parameter dalam penentuan jenis BBM dari citra yang diakusisi secara *real-time*. Pada **Gambar 10.11** dapat dilihat nilai rata – rata *hue*, *saturation*, dan *value* (HSV) pada ROI yang telah ditentukan. Pada tahap ini telah ditetapkan nilai iluminasi yang paling efektif digunakan untuk membedakan setiap jenis bahan bakar, yaitu pada iluminasi 25 Lux. Nilai HSV di dapatkan dari nilai RGB yang dinyatakan dalam persamaan 3.1 berikut

$$V = \max (R, G, B) \dots\dots\dots(3.1)$$

Untuk nilai S didapat dari rasio antara selisih V dikurangi nilai minimal di antara R, G, dan B dibandingkan dengan nilai V itu sendiri. Secara matematis untuk $V > 0$ dinyatakan sesuai dengan persamaan 3.2 berikut:

$$S = \frac{V - \min(R, G, B)}{V} \dots\dots\dots(3.2)$$

Sedangkan untuk $V = 0$ maka diambil $S = 0$. Untuk nilai Hue, maka konversi nilai RGB ke Hue dalam nilai bentuk sudut dinyatakan sebagai berikut pada persamaan 3.3

$$\begin{aligned}
 & \frac{60(G-B)}{V-\min(R,G,B)} \text{ jika } V = R \\
 H = & \left\{ 120 + \frac{60(B-R)}{V-\min(R,G,B)} \text{ jika } V = G \dots\dots\dots(3.3) \right. \\
 & \left. 240 + \frac{60(B-R)}{V-\min(R,G,B)} \text{ jika } V = B \right.
 \end{aligned}$$

Konversi di atas menggunakan 360 derajat. Dalam pemrograman bilangan delapan bit nilai bilangan desimal maximal adalah 255 maka nilai 360 dibagi dua sehingga kisaran nilai menjadi 0 – 179. Adapun proses normalisasi (n) HSV ini sesuai pada persamaan (3.4), (3.5), dan (3.6) berikut

$$Hue_n = \frac{Hue_R}{2} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$Saturation_n = \frac{Saturation_R}{0.39215686} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$Value_n = \frac{Value_R}{0.39215686} \dots\dots\dots(3.6)$$

Setelah itu dilakukan operasi *mean* pada setiap ROI yang ditentukan. Adapun *script* pemrograman yang digunakan yaitu sebagai berikut

ROI1H	= A[:, :, 0]
ROI1S	= A[:, :, 1]
ROI1V	= A[:, :, 2]
ROI2H	= B[:, :, 0]
ROI2S	= B[:, :, 1]
ROI2V	= B[:, :, 2]
ARO11H	= int(ROI1H.mean())
ARO11	= int(ROI1S.mean())
ARO11V	= int(ROI1V.mean())


```

AROI2H      = int(ROI2H.mean())
AROI2S      = int(ROI2S.mean())
AROI2V      = int(ROI2V.mean())
h1 = (AROI1H + AROI2H)//2
s1 = (AROI1S + AROI2S)//2
v1 = (AROI1V + AROI2V)//2

cv2.putText(frame,'ROI1H : ' + str(AROI1H),(10,20), font,
0.5,(255,255,255))
cv2.putText(frame,'ROI1S : ' + str(AROI1S),(10,40), font,
0.5,(255,255,255))
cv2.putText(frame,'ROI1V : ' + str(AROI1V),(10,60), font,
0.5,(255,255,255))

```

Penentuan batas – batas nilai H (Hue) dan S (Saturation) yaitu tahap penentuan nilai batas H dan S untuk setiap jenis bahan bakar yang telah diakusisi citranya. Nilai batas ini dijadikan acuan untuk mendefinisikan setiap jenis bahan bakar

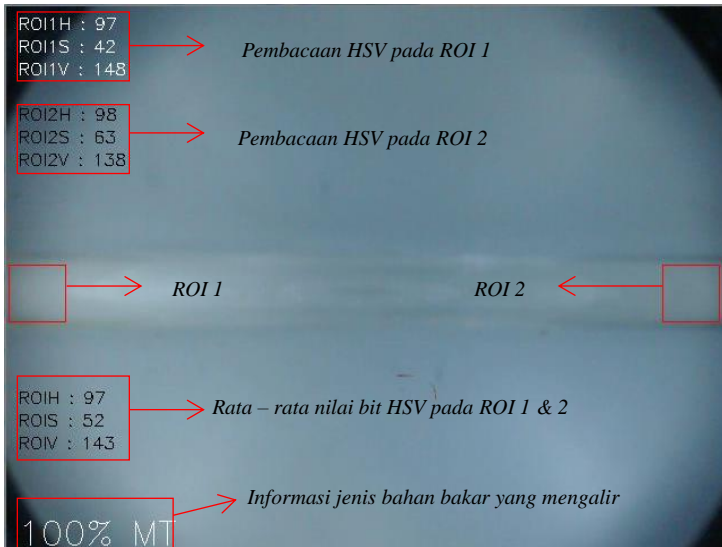
Pendefinisian bahan bakar cair yaitu tahapan pengklasifikasian jenis bahan bakar cair berdasarkan nilai batas H dan S telah ditetapkan. Jenis bahan bakar cair diinformasikan melalui *frame* pada layar dan indikator LED pada rangkaian relay yang telah dihubungkan dengan *Raspberry-Pi*. Berikut adalah skrip pemrograman dari proses penentuan batas dan pendefinisian

```

if h1>=90 and h1<=104:
    #100% P
    if s1>=106 and s1<=160:
        cv2.putText(frame,'100% P',(10,475), font,
        1,(255,255,255))
        r1 = '1'
        GPIO.output(2,GPIO.HIGH)
        GPIO.output(3,GPIO.LOW)
        GPIO.output(4,GPIO.LOW)

```

Skrip pemrograman dapat dilihat pada **Lampiran A**. Adapun pada **Gambar 3.27** merupakan hasil dari pembuatan algoritma pemrograman yang ditampilkan dalam frame pada *Raspberry – pi*. untuk jenis bahan bakar lainnya dapat dilihat pada **Lampiran F**.



Gambar 3.27 Hasil perancangan algoritma pemrosesan citra dan software sistem deteksi

3.6 Uji Coba Sistem

Untuk mengetahui karakteristik & spesifikasi dari sistem yang telah dirancang, maka pada tahap ini akan dilakukan pengujian meliputi:

a. Pengujian sistem deteksi ketika dialirkan satu jenis bahan bakar cair di dalam pipa transparan

Pada pengujian ini dilakukan pengaliran satu jenis bahan bakar cair yaitu jenis pertamax, solar, dan minyak tanah sebanyak 300 ml selama beberapa kali.

b. Pengujian sistem deteksi ketika dialirkan dua jenis bahan bakar cair di dalam pipa transparan

Pada pengujian ini dilakukan pengaliran dua jenis bahan bakar cair secara berurutan yaitu jenis pertamax dilanjutkan solar, jenis solar dilanjutkan minyak tanah, dan jenis minyak tanah dilanjutkan pertamax sebanyak 300 ml selama beberapa kali.

c. Pengujian sistem deteksi ketika dialirkan tiga jenis bahan bakar cair di dalam pipa transparan

Pada pengujian ini dilakukan pengaliran tiga jenis bahan bakar cair secara berurutan yaitu dari jenis pertamax, diikuti solar, dan diikuti minyak tanah sebanyak 300 ml selama beberapa kali.

3.7 Analisis Respon dan Performa Sistem Deteksi

Pada tahap ini dilakukan analisis performa dari sistem yang telah dirancang menggunakan beberapa metode statistik untuk menunjukkan karakteristik dari performa sistem. Adapun nilai yang digunakan untuk mengetahui performa sistem adalah standar deviasi dan keakurasian.

3.8 Penulisan Laporan

Tahapan terakhir dari penelitian ini adalah penulisan laporan. Laporan ini berisi rangkaian kegiatan yang dilakukan selama proses penelitian dan sebagai bentuk tanggung jawab dari penulis. Hasil dari penelitian ini selanjutnya akan disampaikan secara lisan maupun tulisan.

Halaman ini memang sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis data pada setiap eksperimen dan pengujian yang dilakukan. Adapun beberapa eksperimen dan pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut

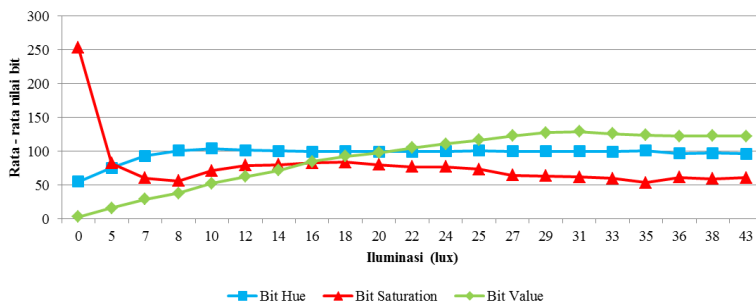
- Proses akusisi citra dari setiap jenis bahan bakar cair pada tingkatan iluminasi yang beragam
- Proses akusisi citra dari variasi konsentrasi bahan bakar cair pada tingkat pencahayaan optimal
- Pengujian sistem deteksi ketika dialirkan satu jenis bahan bakar cair di dalam pipa transparan
- Pengujian sistem deteksi ketika dialirkan dua jenis bahan bakar cair di dalam pipa transparan
- Pengujian sistem deteksi ketika dialirkan tiga jenis bahan bakar cair di dalam pipa transparan

4.1 Pembacaan Nilai HSV pada Tingkatan Iluminasi yang Beragam

Eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui respon sistem deteksi ketika tingkat iluminasi pencahayaan berubah secara periodik. Pada eksperimen ini telah digunakan variasi iluminasi dari 0 – 43 lux yang diatur dengan memvariasikan kenaikan *duty cycle* setiap 5% pada rentang 0 – 100%. Berdasarkan eksperimen ini didapatkan data HSV untuk setiap jenis bahan bakar. Dari proses ini dihasilkan bahwa pada tingkat iluminasi sebesar 25 lux, setiap jenis bahan bakar memiliki selisih nilai hue dan saturation paling besar satu sama lainnya. Sehingga tingkat iluminasi ini dipilih untuk eksperimen selanjutnya. Dari eksperimen ini juga didapatkan tingkat iluminasi minimum yaitu sebesar 8 lux untuk semua jenis bahan bakar. Secara lengkap nilai span data HS pada setiap kondisi dapat dilihat pada **Tabel 1. di Lampiran H.**

4.1.1 Pada pipa kosong (tanpa bahan bakar)

Pada **Gambar 4.1** berikut merupakan grafik rata – rata nilai HSV pada ROI terhadap iluminasi yang diberikan pada sistem deteksi saat di dalam pipa tidak ada bahan bakar. Pada grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai hue dan saturation tidak banyak berubah pada tingkat iluminasi 7 – 43 lux.

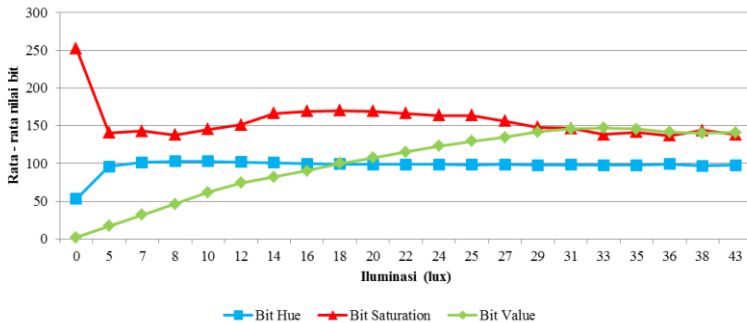


Gambar 4.1 Grafik nilai bit HSV terhadap variasi tingkat iluminasi pada saat tidak dialirkan bahan bakar

Dari eksperimen ini didapatkan hasil pembacaan data HSV sistem deteksi dengan objek pipa transparan tanpa adanya bahan bakar cair yang mengalir di dalamnya. Dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi ini nilai hue berkisar pada rentang 97 – 107, saturation pada rentang 51 – 88, dan value pada rentang 38 – 129. Sistem deteksi memiliki kepresisian yang baik dilihat dari standar deviasi dari data HSV yang didapatkan sesuai pada **Tabel 1**, pada **Lampiran G**.

4.1.2 Pada aliran bahan bakar cair jenis pertamax

Pada **Gambar 4.2** berikut merupakan grafik rata – rata nilai HSV pada ROI terhadap iluminasi yang diberikan pada sistem deteksi saat di dalam pipa dialirkan bahan bakar jenis pertamax. Pada grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai hue dan saturation tidak banyak berubah pada tingkat iluminasi 5 – 43 lux.



Gambar 4.2 Grafik nilai bit HSV terhadap variasi tingkat iluminasi pada saat dialirkan bahan bakar cair jenis pertamax

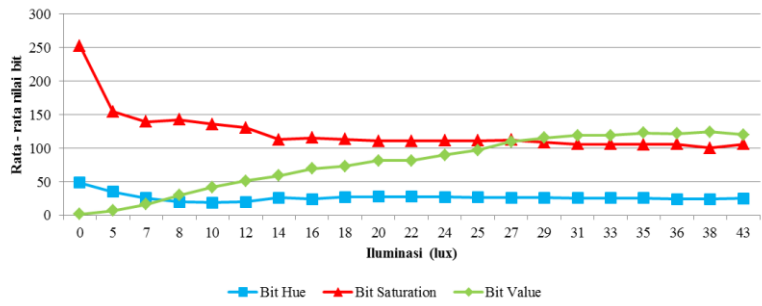
Dari eksperimen ini didapatkan hasil pembacaan data HSV pada objek pipa transparan saat bakar cair jenis pertamax mengalir di dalamnya. Dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi ini nilai hue berkisar pada rentang 97 – 103, saturation pada rentang 134 – 172, dan value pada rentang 31 – 147. Sistem deteksi memiliki kepresisian yang baik dilihat dari standar deviasi dari data HSV yang didapatkan sesuai pada **Tabel 2.** pada **Lampiran G.**

4.1.3 Pada aliran bahan bakar cair jenis solar

Pada **Gambar 4.3** berikut merupakan grafik rata – rata nilai HSV pada ROI terhadap iluminasi yang diberikan pada sistem deteksi saat di dalam pipa dialirkan bahan bakar jenis solar. Pada grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai Hue tidak banyak berubah pada tingkat iluminasi 7 – 43 lux.

Dari eksperimen ini didapatkan hasil pembacaan data HSV pada objek pipa transparan saat bahan bakar cair jenis solar mengalir di dalamnya. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi ini nilai hue berkisar pada rentang 97 – 103, saturation pada rentang 134 – 172, dan value pada rentang 31 – 147. Sistem deteksi memiliki kepresisian yang baik dilihat dari

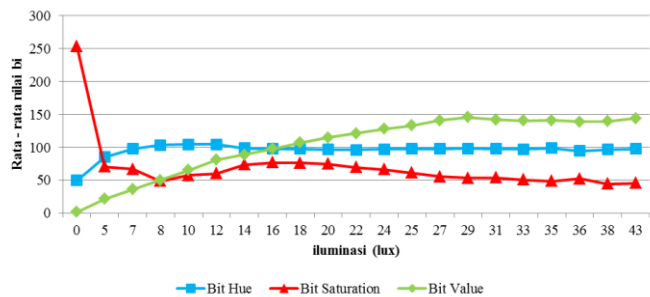
standar deviasi dari data HSV yang didapatkan sesuai pada **Tabel 3. Pada Lampiran G.**



Gambar 4.3 Grafik nilai bit HSV terhadap variasi tingkat iluminasi pada saat dialirkan bahan bakar cair jenis solar

4.1.4 Pada aliran bahan bakar cair jenis minyak tanah

Pada **Gambar 4.4** berikut merupakan grafik rata – rata nilai HSV pada ROI terhadap iluminasi yang diberikan pada sistem deteksi saat di dalam pipa dialirkan bahan bakar jenis minyak tanah. Pada grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai hue dan saturation tidak banyak berubah pada tingkat iluminasi 18 – 43 lux.



Gambar 4.4 Grafik nilai bit HSV terhadap variasi tingkat iluminasi pada saat dialirkan bahan bakar cair jenis minyak tanah

Dari eksperimen ini didapatkan hasil pembacaan data HSV pada objek pipa transparan saat adanya bahan bakar cair jenis

minyak tanah mengalir di dalamnya. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi ini nilai hue berkisar pada rentang 94 – 100, saturation pada rentang 43 – 80, dan value pada rentang 88 – 146. Sistem deteksi memiliki kepresisian yang baik dilihat dari standar deviasi dari data HSV yang didapatkan yang didapatkan sesuai pada **Tabel 4**. Pada **Lampiran G**.

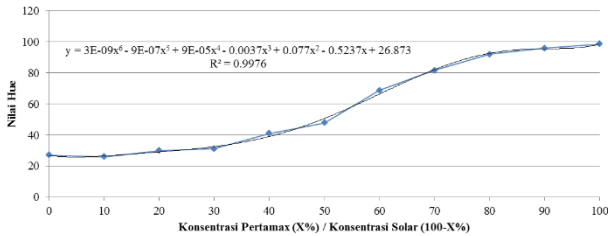
4.2 Pembacaan Nilai HSV pada Variasi Konsentrasi Bahan Bakar Cair dengan Tingkat Pencahayaan Optimal

Pada eksperimen ini dilakukan variasi konsentrasi setiap jenis bahan bakar cair dengan perbandingan volume : volume dimana digunakan volume total 500 ml. variasi masing – masing bahan bakar cair dibuat sebesar 100%, 10% & 90%, 20% & 80%, 30% & 70%, 40% & 60%, dan 50% & 50%. Melalui proses ini akan didapatkan besarnya nilai HSV untuk mendefinisikan setiap variasi bahan bakar cair pada kondisi pencahayaan paling optimal yang telah didapatkan dari proses sebelumnya, yaitu 25 lux. Selain itu juga untuk mengetahui respon dari kamera terhadap perubahan variasi tersebut, yang dalam aplikasinya untuk mendeteksi bagian *interface* dari setiap percampuran dua jenis bahan bakar. Setelah mendapatkan nilai rentang HSV pada percobaan ini, selanjutnya dilakukan pengaturan pada *software* dari sistem deteksi agar dapat mendefinisikan jenis bahan bakar dengan baik dan benar.

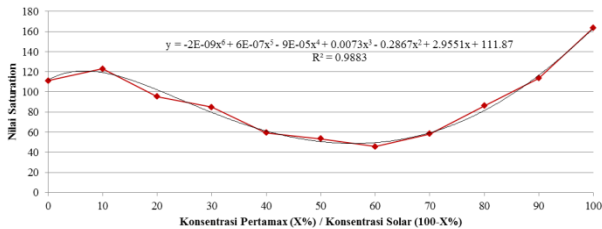
4.2.1 Variasi konsentrasi bahan bakar cair jenis pertamax & solar

Pada **Gambar 4.5** berikut merupakan grafik rata – rata nilai HSV pada ROI terhadap variasi konsentrasi bahan bakar cair jenis pertamax dan solar. Pada grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi dapat memberikan respon yang baik terhadap perubahan variasi konsentrasi bahan bakar cair. Pada kondisi ini, semakin besar konsentrasi solar maka semakin kecil nilai hue dan value nya. Namun nilai value memiliki banyak kemiripan dengan

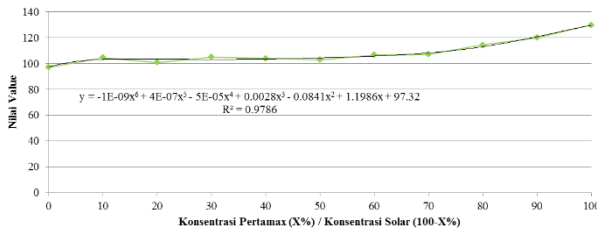
kondisi lainnya. Sehingga nilai hue menjadi parameter utama untuk mengetahui transisi antara pertamax dan solar. Hubungan konsentrasi dengan nilai hue sesuai dengan persamaan pada **Gambar 4.5a**



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.5 Grafik nilai (a) Hue (b) Saturation dan (c) Value terhadap variasi konsentrasi bahan bakar cair jenis pertamax dan solar mengalir di dalam pipa transparan

Kenaikan nilai hue pada **Gambar 4.5a** disebabkan karena perubahan warna yang terjadi dari warna kuning menjadi biru yang dimana pada sistem warna HSV, yang dapat dilihat pada **Gambar**

2.6, warna kuning memiliki nilai hue yang lebih kecil daripada warna biru. Kenaikan nilai saturation pada **Gambar 4.5b** saat konsentrasi masing – masing bahan bakar mencapai 100% disebabkan karena warna kuning atau biru semakin kuat dan tidak pudar. Nilai value pada **Gambar 4.5c** tidak banyak berubah karena pencahayaan yang cenderung tetap. Hubungan antara nilai HSV dengan konsentrasi bahan bakar pertamax dan solar dirumuskan sesuai pada persamaan (4.1) dan (4.2) berikut

$$H + S + V = 2.10^{-9}.P^6 - 10^{-7}.P^5 + 5.10^{-5}.P^4 + 0,0063.P^3 - 0,2938.P^2 + 4,6774.P + 236,063 \dots\dots\dots (4.1)$$

$$S = 100 - P \dots\dots\dots (4.2)$$

Dimana:

- H = Nilai bit hue yang terbaca
- S = Nilai bit saturation yang terbaca
- V = Nilai bit value yang terbaca
- P = Konsentrasi bahan bakar pertamax (%)
- S = Konsentrasi bahan bakar solar (%)

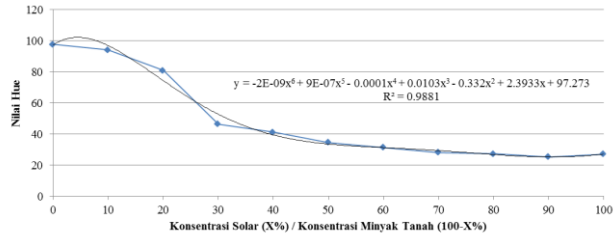
Pada **Tabel 4.1** didapatkan hasil data HSV serta kepresisian sistem deteksi dalam melakukan pengambilan data dengan objek pipa transparan saat variasi konsentrasi pertamax dan solar mengalir di dalamnya. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi ini nilai hue berubah pada rentang 26 – 114, saturation pada rentang 51 – 125, dan value pada rentang 100 – 120. Setiap variasi konsentrasi solar (%S) dan pertamax (%P) memberikan nilai rentang HSV tertentu. Sistem deteksi memiliki kepresisian yang baik dilihat dari standar deviasi dari data HSV yang didapatkan.

Tabel 4.1 Nilai HSV dan Standar Deviasi Pengambilan Data pada Saat Dialirkan Bahan Bakar Cair Jenis Pertamax dan Solar dengan Variasi Konsentrasi yang Berbeda.

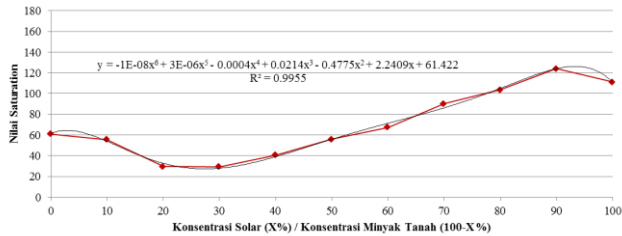
Variasi		Nilai bit	Nilai bit	Nilai bit	Standar Deviasi Nilai Bit		
(% S)	(% P)	Hue	Saturation	Value	Hue	Saturation	Value
90%	10%	26	125 - 121	105 - 104	0.00	0.59	0.50
80%	20%	31 - 29	97 - 93	101 - 100	0.19	0.59	0.29
70%	30%	32 - 30	86 - 83	106 - 105	0.14	0.56	0.05
60%	40%	42 - 40	61 - 58	104 - 103	0.32	0.55	0.24
50%	50%	49 - 47	55 - 51	104 - 103	0.54	0.79	0.06
40%	60%	70 - 68	48 - 44	106	0.45	0.61	0.00
30%	70%	82 - 81	60 - 56	107	0.46	0.61	0.00
20%	80%	115 - 114	88 - 84	115 - 114	0.09	0.88	0.49
10%	90%	96 - 95	115 - 112	120 - 119	0.24	0.55	0.22

4.2.2 Variasi konsentrasi bahan bakar cair jenis solar & minyak tanah

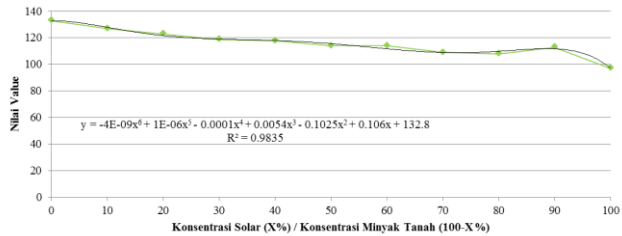
Pada **Gambar 4.6** berikut merupakan grafik rata – rata nilai HSV pada ROI terhadap variasi konsentrasi bahan bakar cair jenis solar dan minyak tanah. Penurunan nilai hue pada **Gambar 4.6a** disebabkan karena perubahan warna yang terjadi dari warna biru muda menjadi kuning yang dimana pada sistem warna HSV, yang dapat dilihat pada **Gambar 2.6**, warna biru muda memiliki nilai hue yang lebih besar daripada warna kuning. Kenaikan nilai saturation pada **Gambar 4.6b** saat konsentrasi solar mencapai 100% disebabkan karena warna kuning semakin kuat dan tidak pudar. Pada **Gambar 4.6c** nilai value memiliki banyak kemiripan dengan kondisi lainnya karena pencahayaan yang cenderung tetap. Sehingga nilai hue menjadi parameter utama untuk mengetahui transisi antara solar dan minyak tanah. Hubungan konsentrasi dan nilai hue sesuai dengan persamaan pada **Gambar 4.6a**



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.6 Grafik nilai (a) Hue (b) Saturation dan (c) Value terhadap variasi konsentrasi bahan bakar cair jenis solar dan minyak tanah mengalir di dalam pipa transparan

Hubungan antara nilai HSV dengan konsentrasi bahan bakar solar dan minyak tanah dirumuskan sesuai pada persamaan (4.3) dan (4.4) berikut

$$H + S + V = -16.10^{-9}.S^6 - 49.10^{-7}.S^5 - 0.0006.S^4 + 0,0398.S^3 - 0,912.S^2 + 4,7402.S + 291,495 \dots\dots\dots (4.3)$$

$$M = 100 - S \dots\dots\dots (4.4)$$

Dimana:

H = Nilai bit hue yang terbaca

S = Nilai bit saturation yang terbaca

V = Nilai bit value yang terbaca

S = Konsentrasi bahan bakar solar (%)

M = Konsentrasi bahan bakar minyak tanah (%)

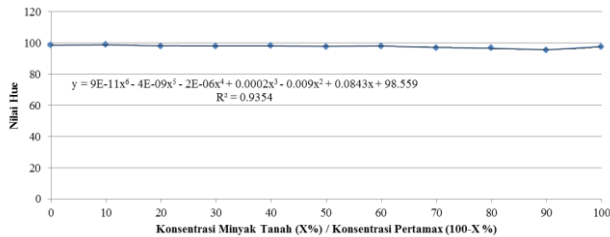
Pada **Tabel 4.2** didapatkan hasil data HSV serta kepresisian sistem deteksi dalam melakukan pengambilan data dengan objek pipa transparan saat variasi konsentrasi solar dan minyak tanah mengalir di dalamnya. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi ini nilai hue berubah pada rentang 25 – 95, saturation pada rentang 28 – 125, dan value pada rentang 128 – 107. Setiap variasi konsentrasi minyak tanah (%MT) dan solar (%S) memberikan nilai rentang HSV tertentu.

Tabel 4.2 Nilai HSV dan Standar Deviasi Pengambilan Data pada Saat Dialirkan Bahan Bakar Cair Jenis Solar dan Minyak Tanah dengan Variasi Konsentrasi yang Berbeda.

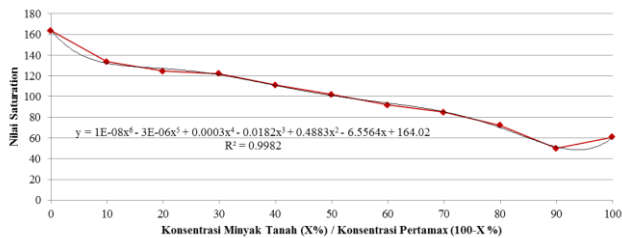
Variasi		Nilai bit Hue	Nilai bit Saturation	Nilai bit Value	Standar Deviasi Nilai Bit		
(%MT)	(%S)				Hue	Saturation	Value
90%	10%	95 - 94	57 - 52	128 - 127	0.18	1.13	0.09
80%	20%	82 - 80	31 - 28	123	0.46	0.51	0.00
70%	30%	49 - 46	30 - 28	119	0.66	0.49	0.00
60%	40%	43 - 40	41- 39	118 - 117	0.49	0.47	0.24
50%	50%	36 - 34	57 - 54	115 - 114	0.52	0.54	0.05
40%	60%	32 - 31	69 - 66	115 - 114	0.50	0.54	0.12
30%	70%	29 - 28	91 - 89	110 - 109	0.16	0.54	0.12
20%	80%	28 - 27	106 - 102	108 - 107	0.48	0.78	0.11
10%	90%	26 - 25	125 - 122	113 - 112	0.49	0.56	0.17

4.2.3 Variasi konsentrasi bahan bakar cair jenis minyak tanah & pertamax

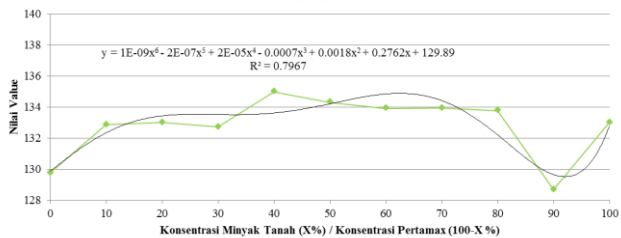
Pada **Gambar 4.7** berikut merupakan grafik rata – rata nilai HSV pada ROI terhadap variasi konsentrasi bahan bakar cair jenis minyak tanah dan pertamax.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.7 Grafik nilai (a) Hue (b) Saturation dan (c) Value terhadap variasi konsentrasi bahan bakar cair jenis minyak tanah dan pertamax mengalir di dalam pipa transparan

Nilai hue pada **Gambar 4.7a** tidak banyak berubah disebabkan karena warna latar belakang yang kebiruan. Karena warna minyak tanah yang bening, menyebabkan warna latar belakang tertransmisikan dan ditangkap kamera. Penurunan nilai saturation pada **Gambar 4.7b** disebabkan karena semakin mudarnya warna biru ketika konsentrasi pertamax berkurang. Pada **Gambar 4.6c** nilai value memiliki banyak kemiripan dengan kondisi lainnya karena pencahayaan yang cenderung tetap. Sehingga nilai saturation menjadi parameter utama untuk mengetahui transisi antara solar dan minyak tanah. Hubungan antara nilai HSV dengan konsentrasi bahan bakar minyak tanah dan pertamax dirumuskan sesuai pada persamaan (4.5) dan (4.6) berikut

$$H + S + V = 1109.10^{-11}.M^6 - 3204.10^{-9}.M^5 + 318.10^{-6}.M^4 - 0,0187.M^3 + 0,4811.M^2 + 6,1959.M + 392,469 \dots\dots\dots (4.5)$$

$$P = 100 - M \dots\dots\dots (4.6)$$

Dimana:

- H = Nilai bit hue yang terbaca
- S = Nilai bit saturation yang terbaca
- V = Nilai bit value yang terbaca
- M = Konsentrasi bahan bakar minyak tanah (%)
- P = Konsentrasi bahan bakar pertamax (%)

Pada **Tabel 4.3** didapatkan hasil data HSV serta kepresisian sistem deteksi dalam melakukan pengambilan data dengan objek pipa transparan saat variasi konsentrasi minyak tanah dan pertamax mengalir di dalamnya. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi ini nilai hue berubah pada rentang 95 – 99, saturation pada rentang 48 – 136, dan value pada rentang 128 – 135. Sistem deteksi memiliki kepresisian yang baik dilihat dari standar deviasi dari data HSV yang didapatkan.

Tabel 4.3 Nilai HSV dan Standar Deviasi Pengambilan Data pada Saat Dialirkan Bahan Bakar Cair Jenis Minyak Tanah dan Pertamina dengan Variasi konsentrasi yang Berbeda.

Variasi		Nilai bit Hue	Nilai bit Saturation	Nilai bit Value	Standar Deviasi Nilai Bit		
(%MT)	(%P)				Hue	Saturation	Value
90%	10%	96 - 95	51 - 48	129 - 128	0.30	0.64	0.49
80%	20%	97 - 96	73 - 71	134 - 133	0.28	0.50	0.12
70%	30%	97	86 - 84	134	0.00	0.51	0.00
60%	40%	98 - 97	93 - 90	134 - 133	0.11	0.53	0.14
50%	50%	98 - 97	103 - 101	135 - 134	0.36	0.45	0.34
40%	60%	99 - 98	112 - 109	135	0.38	0.50	0.00
30%	70%	98	124 - 120	133 - 132	0.00	0.71	0.45
20%	80%	98	126 - 123	134 - 133	0.00	0.54	0.05
10%	90%	99 - 98	136 - 133	133 - 132	0.31	0.50	0.22

4.3 Pembacaan Nilai HSV pada Satu Jenis Aliran Bahan Bakar Cair dengan Intensitas Pencahayaan Optimal

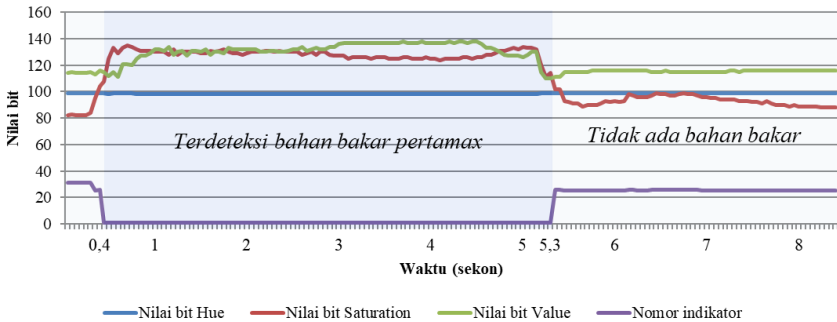
Untuk mengetahui spesifikasi rancang bangun sistem deteksi yang dibuat lebih lanjut, maka dilakukan beberapa kali pengujian. Nilai HSV terus direkam pada saat sebelum hingga sesudah bahan bakar melewati ROI secara *realtime* setiap 0.05 sekon. Nomor indikator diberikan untuk setiap jenis bahan bakar untuk mempermudah proses analisis sesuai pada **Tabel 5**. Pada **Lampiran G**.

4.3.1 Bahan bakar cair jenis pertamax

Pada bagian ini dilakukan pengujian pengaliran bahan bakar cair jenis pertamax kedalam pipa transparan dan melihat respon dari nilai HSV yang didapatkan serta indikator yang diberikan baik pada frame maupun pada indikator LED pada rangkaian relay yang telah dihubungkan dengan *Raspberry – Pi*.

Berikut pada **Gambar 4.8** merupakan salah satu hasil pembacaan nilai HSV pada kamera dari sebelum, saat, dan sesudah bahan bakar cair dialirkan. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa aliran pertamax dapat terdeteksi dengan baik dilihat dari peningkatan nilai saturation yang signifikan, sesuai dengan

percobaan sebelumnya. Ketika sudah tidak ada bahan bakar yang mengalir, nilai saturation perlahan kembali ke posisi mula – mula. Sistem deteksi mendefinisikan jenis bahan bakar yang mengalir adalah pertamax pada detik ke 0.4 sekon dan berakhir pada detik ke 5.3 sekon. Indikator bernilai “1” saat pertamax melewati area pendeteksian



Gambar 4.8 Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara *realtime* pada saat dialirkan bahan bakar jenis pertamax

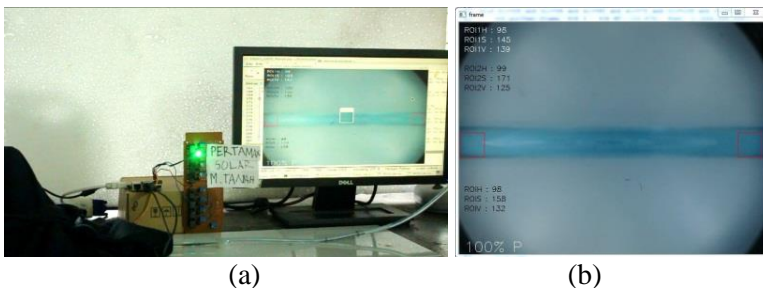
Berikut pada **Tabel 4.4** adalah hasil percobaan yang telah dilakukan pada pengujian ini. Didapatkan nilai akurasi rata – rata dan presisi pembacaan nilai bit HSV dari nilai standar deviasi pada setiap percobaan.

Tabel 4.4 Hasil Percobaan Saat Dialirkan Bahan Bakar Jenis Pertamax

Percobaan Ke-	Standar deviasi			Akurasi (%)		
	Hue	Saturation	Value	Hue	Saturation	Value
1	0.24	2.83	5.13	99.93	98.28	97.00
2	0.35	3.97	6.21	99.86	97.56	92.34
3	0.29	2.27	4.96	99.90	98.37	97.06
4	0.29	4.15	6.57	99.91	97.70	96.46
5	0.32	2.58	4.37	99.88	98.72	97.44

Tingkat kepresisian sistem dalam memberikan nilai hue memiliki nilai yang paling besar dengan rata – rata sebesar 0.29, sehingga parameter hue sangat cocok digunakan untuk mendefinisikan bahan bakar pertamax. Begitu juga dengan nilai saturation yang nilai kepresisiannya 3.16, dimana cukup baik digunakan sebagai parameter. Nilai kepresisian yang baik ini dapat dicapai karena pencahayaan yang telah dibuat tetap sehingga jumlah noise yang dihasilkan kecil. Ketika nilai noise kecil maka nilai HS tidak banyak berubah.

Adapun status indikator LED dan frame ketika bahan bakar jenis pertamax melewati area pendeteksian dapat dilihat pada **Gambar 4.9** berikut.



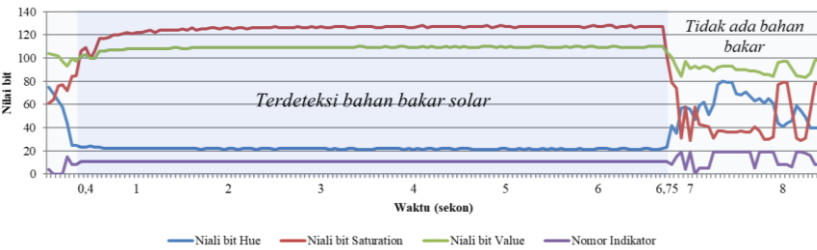
Gambar 4.9 Status (a) indikator LED dan (b) frame pada saat bahan bakar jenis pertamax terdeteksi

4.3.2 Bahan bakar cair jenis solar

Pada bagian ini dilakukan pengujian pengaliran bahan bakar cair jenis solar kedalam pipa transparan dan melihat respon dari nilai HSV yang didapatkan serta indikator yang diberikan baik pada frame maupun pada indikator LED pada rangkaian relay yang telah dihubungkan dengan *Raspberry – Pi*.

Berikut pada **Gambar 4.10** merupakan salah satu hasil pembacaan nilai HSV pada kamera dari sebelum, saat, dan sesudah bahan bakar cair dialirkan. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa aliran solar dapat terdeteksi dengan baik dilihat dari nilai hue yang turun secara signifikan, sesuai dengan percobaan sebelumnya.

Ketika sudah tidak ada bahan bakar yang mengalir, nilai hue perlahan kembali ke posisi mula – mula. Sistem deteksi mendefinisikan jenis bahan bakar yang mengalir adalah solar pada detik ke 0.4 sekon dan berakhir pada detik ke 6.75 sekon. Indikator bernilai “11” saat solar melewati area pendeteksian.



Gambar 4.10 Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara *realtime* pada saat dialirkan bahan bakar jenis solar

Berikut pada **Tabel 4.5** adalah hasil percobaan yang telah dilakukan pada pengujian ini. Didapatkan nilai akurasi rata – rata dan presisi pembacaan nilai bit HSV dari nilai standar deviasi.

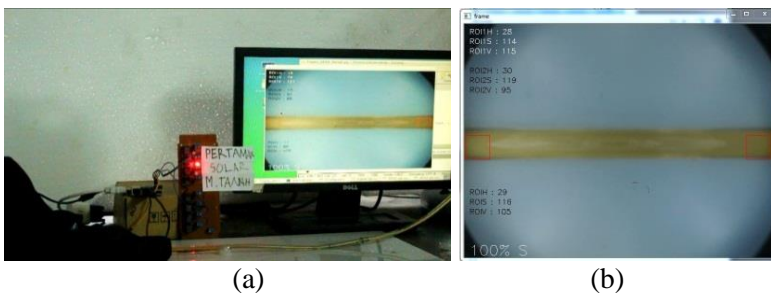
Tabel 4.5 Hasil Percobaan Pada Saat Dialirkan Bahan Bakar Jenis Solar

Percobaan Ke-	Standar deviasi			Akurasi (%)		
	Hue	Saturation	Value	Hue	Saturation	Value
1	0.21	2.56	1.70	99.86	99.16	99.00
2	0.57	4.64	1.61	98.22	97.93	99.35
3	0.34	2.76	1.86	99.58	99.28	99.17
4	0.36	2.70	1.92	99.52	98.82	98.97
5	0.57	4.64	1.61	98.22	97.42	98.76

Tingkat kepresisian sistem dalam memberikan nilai hue memiliki nilai yang paling besar dengan rata – rata sebesar 0.41,

sehingga parameter hue sangat cocok digunakan untuk mendefinisikan bahan bakar pertamax. Begitu juga dengan nilai saturation yang nilai kepresisiannya 3.46, dimana cukup baik digunakan sebagai parameter. Nilai kepresisian yang baik ini dapat dicapai karena pencahayaan yang telah dibuat tetap sehingga jumlah noise yang dihasilkan kecil. Ketika nilai noise kecil maka nilai HS tidak banyak berubah.

Adapun status indikator LED dan frame ketika bahan bakar jenis solar melewati area pendeteksian dapat dilihat pada **Gambar 4.11** berikut.



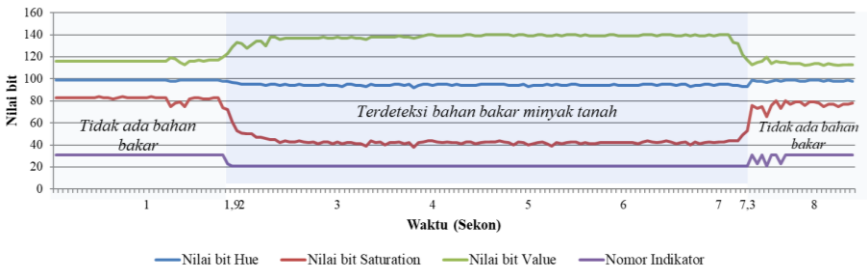
Gambar 4.11 Status (a) indikator LED dan (b) frame pada saat bahan bakar jenis solar terdeteksi

4.3.3 Bahan bakar cair jenis minyak tanah

Pada bagian ini dilakukan pengujian pengaliran bahan bakar cair jenis minyak tanah kedalam pipa transparan dan melihat respon dari nilai HSV yang didapatkan serta indikator yang diberikan baik pada frame maupun pada indikator LED pada rangkaian relay yang telah dihubungkan dengan *Raspberry – Pi*.

Berikut pada **Gambar 4.12** merupakan salah satu hasil pembacaan nilai HSV pada kamera dari sebelum, saat, dan sesudah bahan bakar cair dialirkan. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa aliran minyak tanah dapat terdeteksi dengan baik dilihat dari nilai saturation yang turun secara signifikan, sesuai dengan percobaan sebelumnya. Ketika sudah tidak ada bahan bakar yang mengalir,

nilai saturation perlahan kembali ke posisi mula – mula. Sistem deteksi mendefinisikan jenis bahan bakar yang mengalir adalah minyak tanah pada detik ke 1.92 sekon dan berakhir pada detik ke 7.3 sekon. Indikator bernilai “21” saat minyak tanah melewati area pendeteksian.



Gambar 4.12 Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara realtime pada saat dialirkan bahan bakar jenis minyak tanah

Berikut pada **Tabel 4.6** adalah hasil percobaan yang telah dilakukan pada pengujian ini. Didapatkan nilai akurasi rata – rata dan presisi pembacaan nilai bit HSV dari nilai standar deviasi pada setiap percobaan.

Tabel 4.6 Hasil Percobaan Pada Saat Dialirkan Bahan Bakar Jenis Minyak Tanah

Percobaan Ke-	Standar deviasi			Akurasi (%)		
	Hue	Saturation	Value	Hue	Saturation	Value
1	0.78	2.38	3.82	98.72	95.37	97.26
2	0.69	2.99	3.49	99.41	96.12	98.54
3	0.65	1.95	2.05	99.52	96.99	98.98
4	0.65	2.72	3.60	99.41	93.99	98.16
5	0.83	3.41	4.10	99.45	95.96	98.26

Tingkat kepresisian sistem dalam memberikan nilai hue memiliki nilai yang paling besar dengan rata – rata sebesar 0.72, sehingga parameter hue sangat cocok digunakan untuk mendefinisikan bahan bakar pertamax. Begitu juga dengan nilai saturation yang nilai kepresisiannya 2.69, dimana cukup baik digunakan sebagai parameter. Nilai kepresisian yang baik ini dapat dicapai karena pencahayaan yang telah dibuat tetap sehingga jumlah noise yang dihasilkan kecil. Ketika nilai noise kecil maka nilai HS tidak banyak berubah.

Adapun status indikator LED dan frame ketika bahan bakar jenis minyak tanah melewati area pendeteksian dapat dilihat pada **Gambar 4.13** berikut.



(a)



(b)

Gambar 4.13 Status (a) indikator LED dan (b) frame pada saat bahan bakar jenis minyak tanah terdeteksi

4.4 Pembacaan nilai HSV pada dua jenis aliran bahan bakar cair menggunakan intensitas pencahayaan optimal

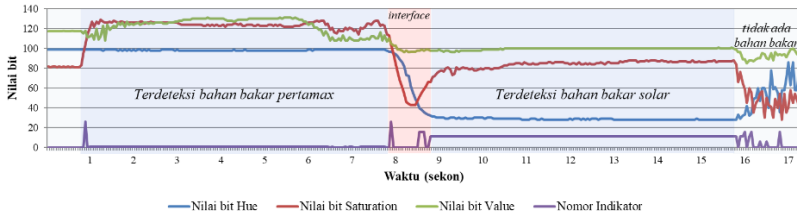
Pada pengujian ini dilakukan pengaliran dua jenis bahan bakar cair secara berurutan yaitu jenis pertamax dilanjutkan solar, jenis solar dilanjutkan minyak tanah, dan jenis minyak tanah dilanjutkan pertamax sebanyak 300 ml selama beberapa kali. Adapun pemberian nomor indikator dibuat sama dengan pengujian sebelumnya. Nilai HSV direkam pada saat bahan bakar belum hingga sudah melewati ROI secara *realtime* setiap 0.05 sekon.

4.4.1 Bahan bakar cair jenis pertamax - solar

Pada bagian ini dilakukan pengujian pengaliran bahan bakar cair jenis pertamax dan langsung diikuti dengan solar kedalam pipa transparan dan melihat respon dari nilai HSV yang didapatkan serta indikator yang diberikan baik pada frame maupun pada indikator LED pada rangkaian relay yang telah dihubungkan dengan *Raspberry – Pi*. berikut pada **Gambar 4.14** merupakan salah satu hasil pembacaan nilai HSV pada kamera dari sebelum, saat, dan sesudah bahan bakar cair dialirkan secara berturut - turut. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa aliran pertamax, campuran pertamax dengan solar (*interface*), dan solar dapat terdeteksi dengan baik.

Dapat dilihat bahwa ketika pertamax melewati area pendeteksian, nilai saturation secara signifikan meningkat. Saat bagian *interface* mulai melewati area pendeteksian, nilai hue perlahan turun, dan nilai saturation perlahan turun lalu meningkat kembali. Pola ini jika diperhatikan sama seperti hasil pembacaan HSV pada variasi konsentrasi bahan bakar pertamax dan solar pada **Gambar 4.5**. Ketika sudah tidak ada bahan bakar yang mengalir, nilai hue perlahan kembali ke posisi mula – mula. Sistem deteksi mendefinisikan jenis bahan bakar yang mengalir adalah pertamax pada detik ke 1 sekon dan berakhir pada detik ke 6.45 sekon. Indikator bernilai “1” saat pertamax melewati area pendeteksian. Kemudian bagian *interface* berakhir pada detik ke 8.8 sekon, dilanjutkan dengan solar hingga detik ke 15.8 sekon. Indikator

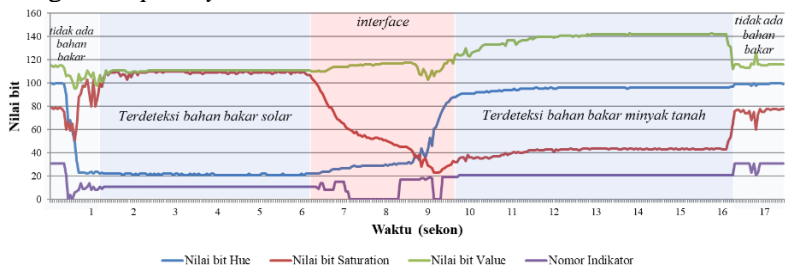
bernilai “11” saat minyak tanah melewati area pendeteksian. Besar kepresisian dan akurasi dapat dilihat di **Tabel 6**. Pada **Lampiran G**.



Gambar 4.14 Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara *realtime* pada saat dialirkan bahan bakar jenis pertamax diikuti dengan solar

4.4.2 Bahan bakar cair jenis solar - minyak tanah

Pada bagian ini dilakukan pengujian pengaliran bahan bakar cair jenis solar dan langsung diikuti dengan minyak tanah kedalam pipa transparan dan melihat respon dari nilai HSV yang didapatkan serta indikator yang diberikan baik pada frame maupun pada indikator LED pada rangkaian relay yang telah dihubungkan dengan *Raspberry – Pi*.



Gambar 4.15 Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara *realtime* pada saat dialirkan bahan bakar jenis solar diikuti dengan minyak tanah

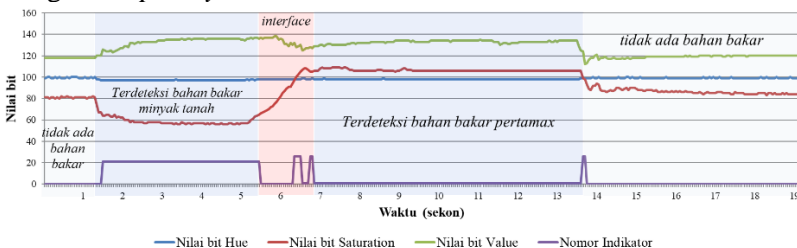
Berikut pada **Gambar 4.15** merupakan salah satu hasil pembacaan nilai HSV pada kamera dari sebelum, saat, dan sesudah

bahan bakar cair dialirkan secara berturut - turut. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa aliran solar, campuran solar dengan minyak tanah (*interface*), dan solar dapat terdeteksi dengan baik.

Dapat dilihat bahwa ketika solar melewati area pendeteksian, nilai saturation secara signifikan meningkat dan nilai hue menurun. Saat bagian *interface* mulai melewati area pendeteksian, nilai hue perlahan meningkat, dan nilai saturation perlahan menurun. Pola ini jika diperhatikan sama seperti hasil pembacaan HSV pada variasi konsentrasi bahan bakar solar dan minyak tanah pada **Gambar 4.6**. Ketika sudah tidak ada bahan bakar yang mengalir, nilai hue dan saturation perlahan kembali ke posisi mula – mula. Sistem deteksi mendefinisikan jenis bahan bakar yang mengalir adalah solar pada detik ke 1.3 sekon dan berakhir pada detik ke 6.35 sekon. Indikator bernilai “11” saat solar melewati area pendeteksian. Kemudian bagian *interface* berakhir pada detik ke 9.75 sekon, dilanjutkan dengan minyak tanah hingga detik ke 16.25 sekon. Indikator bernilai “21” saat minyak tanah melewati area pendeteksian. Besar kepresisian dan akurasi dapat dilihat di **Tabel 7**. Pada **Lampiran G**.

4.4.3 Bahan bakar cair jenis minyak tanah - pertamax

Pada bagian ini dilakukan pengujian pengaliran bahan bakar cair jenis minyak tanah dan langsung diikuti dengan pertamax kedalam pipa transparan dan melihat respon dari nilai HSV yang didapatkan serta indikator yang diberikan baik pada frame maupun pada indikator LED pada rangkaian relay yang telah dihubungkan dengan *Raspberry – Pi*.



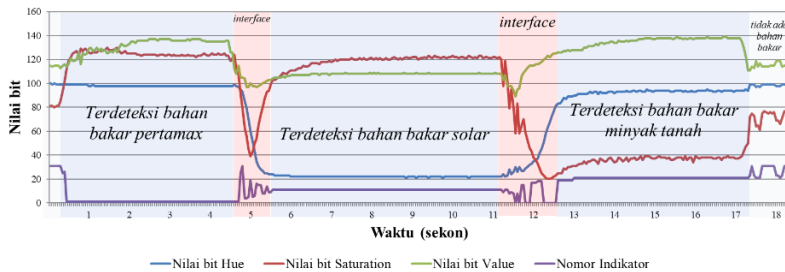
Gambar 4.16 Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara *realtime* pada saat dialirkan bahan bakar jenis minyak tanah diikuti dengan pertamax

Berikut pada **Gambar 4.16** merupakan salah satu hasil pembacaan nilai HSV pada kamera dari sebelum, saat, dan sesudah bahan bakar cair dialirkan secara berturut - turut. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa aliran minyak tanah, percampuran minyak tanah dengan pertamax (*interface*), dan pertamax dapat terdeteksi dengan baik.

Dapat dilihat bahwa ketika minyak tanah melewati area pendeteksian, nilai saturation secara signifikan murun. Saat bagian *interface* mulai melewati area pendeteksian, nilai saturation perlahan meningkat. Pola ini jika diperhatikan sama seperti hasil pembacaan HSV pada variasi konsentrasi bahan bakar solar dan minyak tanah pada **Gambar 4.7**. Ketika sudah tidak ada bahan bakar yang mengalir, nilai hue dan saturation perlahan kembali ke posisi mula – mula. Sistem deteksi mendefinisikan jenis bahan bakar yang mengalir adalah minyak tanah pada detik ke 1.5 sekon dan berakhir pada detik ke 5.45 sekon. Indikator bernilai “21” saat minyak tanah melewati area pendeteksian. Kemudian bagian *interface* berakhir pada detik ke 6.85 sekon, dilanjutkan dengan pertamax hingga detik ke 13.6 sekon. Indikator bernilai “1” saat pertamax melewati area pendeteksian. Besar kepresisian dan akurasi dapat dilihat di **Tabel 8**. Pada **Lampiran G**.

4.5 Pembacaan Nilai HSV pada Tiga Jenis Aliran Bahan Bakar Cair Menggunakan Intensitas Pencahayaan Optimal

Pada bagian ini dilakukan pengujian pengaliran bahan bakar cair jenis pertamax, langsung diikuti dengan solar, dan langsung diikuti dengan minyak tanah kedalam pipa transparan dan melihat respon dari nilai HSV yang didapatkan serta indikator yang diberikan baik pada frame maupun pada indikator LED pada rangkaian relay yang telah dihubungkan dengan *Raspberry – Pi*.



Gambar 4.17 Hasil pembacaan nilai HSV dan nilai indikator secara *realtime* pada saat dialirkan tiga jenis bahan bakar secara berturut – turut

Berikut pada **Gambar 4.17** merupakan salah satu hasil pembacaan nilai HSV pada kamera dari sebelum, saat, dan sesudah bahan bakar cair dialirkan secara berturut – turut. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa aliran pertamax, interface pertamax dan solar, solar, interface solar dan minyak tanah, dan minyak tanah dapat terdeteksi dengan baik.

Dapat dilihat bahwa ketika pertamax melewati area pendeteksian, nilai saturation secara signifikan meningkat. Saat bagian *interface* pertamax dan solar mulai melewati area pendeteksian, nilai saturation perlahan menurun lalu meningkat, dan nilai hue menurun drastis. Pola ini jika diperhatikan sama seperti hasil pembacaan HSV pada variasi konsentrasi bahan bakar solar dan minyak tanah pada **Gambar 4.6**. Selanjutnya pada saat bagian *interface* solar dan minyak tanah melewati area pendeteksian terjadi kenaikan nilai hue dan penurunan nilai saturation. Pola ini sama seperti dengan hasil pengujian sebelumnya. Ketika sudah tidak ada bahan bakar yang mengalir, nilai hue dan saturation perlahan kembali ke posisi mula – mula. Sistem deteksi mendefinisikan jenis bahan bakar yang mengalir adalah pertamax pada detik ke 0.45 sekon dan berakhir pada detik ke 4.7 sekon. Indikator bernilai “1” saat pertamax melewati area pendeteksian. Kemudian bagian *interface* pertamax dan solar berakhir pada detik ke 5.55 sekon, dilanjutkan dengan solar hingga

detik ke 6.1 sekon. Indikator bernilai “11” saat solar melewati area pendeteksian. Kemudian bagian *interface* solar dan minyak tanah berakhir pada detik ke 7.9 sekon, dilanjutkan dengan minyak tanah hingga detik ke 17.3 sekon. Indikator bernilai “21” saat minyak tanah melewati area pendeteksian. Besar kepresisian dan akurasi dapat dilihat di **Tabel 9**. Pada **Lampiran G**.

4.6 Pembahasan

Dari data yang didapatkan dapat dilihat bahwa sistem deteksi memiliki presisi yang baik dimana nilai standar deviasi rata rata dari seluruh percobaan yang dilakukan bernilai kecil yaitu 0.65 untuk nilai bit hue, 2.76 untuk nilai bit saturation, dan 2.37 untuk nilai bit value.

Pada pengujian dengan variasi tingkat iluminasi cahaya didapatkan bahwa pada pencahayaan dengan tingkat iluminasi 0 – 7 lux memiliki presisi yang buruk hal ini dikarenakan kurangnya pencahayaan sehingga citra yang dihasilkan memiliki *noise* yang dapat merubah – rubah nilai HSV.

Pada pengujian dengan variasi konsentrasi bahan bakar didapatkan bahwa perubahan konsentrasi solar lebih banyak mempengaruhi nilai hue, sedangkan untuk perubahan konsentrasi pertamax dan minyak tanah lebih banyak mempengaruhi nilai saturationnya. Hal ini dikarenakan warna *background* pipa transparan yang hampir sama dengan nilai bit hue dari pertamax dan minyak tanah. Karena pertamax memiliki warna biru yang lebih pekat daripada *background*, sehingga nilai saturation-nya lebih tinggi jika dibandingkan dengan *background* maupun dengan minyak tanah.

Pada pengujian pendeteksian setiap satu jenis bahan bakar cair didapatkan bahwa standar deviasi hue bernilai paling kecil, diikuti dengan saturation, dan value. Besarnya standar deviasi ini menunjukkan bahwa nilai hue tidak banyak berubah, berbeda dengan nilai saturasi dan value yang mudah berubah. Nilai bit hue merepresentasikan warna asli dari objek, tidak terpengaruh oleh pencahayaan. Sehingga nilainya cenderung untuk tetap pada objek

yang sama. Berbeda dengan saturation yang menunjukkan kekuatan warna atau kemurnian dari hue. Nilai saturation dapat berubah – ubah karena adanya proses *bluring* pada kamera atau noise yang terjadi dari lingkungan maupun dalam sistem kamera. Maka dari itu perancangan sistem pencahayaan yang baik dan pemilihan kamera yang tidak berubah – ubah nilai fokusnya diperlukan.

Untuk mengetahui tingkat keakurasian rancang bangun yang telah dibuat, maka dilakukan beberapa kali pengujian dan evaluasi nilai rentang hue, saturation, dan value untuk setiap jenis bahan bakar cair. Dilakukan pengujian pendeteksian setiap dua hingga tiga jenis bahan bakar cair. Hingga dapat disimpulkan sistem deteksi memiliki akurasi pembacaan nilai bit HSV pertamax berturut – turut 98.89%, 98.48%, dan 97.31%, pembacaan nilai bit HSV solar berturut – turut 99.12%, 97.35%, dan 99.43%, dan pembacaan nilai bit HSV minyak tanah berturut – turut 97.31%, 99.43%, dan 97.62%.

Bagian *interface* tidak dapat di definisikan dengan baik dikarenakan banyak nilai HSV yang beririsan, namun dapat di deteksi melalui pola nilai bit HSV terhadap waktu yang telah di dapatkan pada bagian sub-bab 4.2 Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai akurasi dan presisi dari sistem pada penelitian ini diantaranya adalah faktor *bluring* pada kamera, pencahayaan yang kurang stabil atau berubah, sehingga dapat mempengaruhi nilai HSV.

Setiap bahan bakar dapat di definisikan secara akurat dengan range HSV sesuai dengan fungsi batas pada persamaan 4.1 berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Pertamax} &= \begin{cases} 98 \leq H(x) \leq 100 \\ 120 \leq S(x) \leq 140 \end{cases} \\
 \text{Solar} &= \begin{cases} 19 \leq H(x) \leq 25 \\ 110 \leq S(x) \leq 130 \end{cases} \\
 \text{Pertamax} &= \begin{cases} 92 \leq H(x) \leq 100 \\ 30 \leq S(x) \leq 45 \end{cases}
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

Dimana:

$H(x)$ = Nilai bit hue

$S(x)$ = Nilai bit saturation

Halaman ini memang sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan serta data – data yang didapatkan untuk menjawab permasalahan dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan pada penelitian ini dengan batasan – batasan tertentu, maka dapat dirumuskan beberapa kesimpulan yang didapatkan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu sebagai berikut;

1. Rancang bangun sistem deteksi bahan bakar cair dapat dibuat menggunakan sistem pencahayaan *dome diffuse* dengan sumber cahaya LED dan sensor CCD.
2. Bahan bakar pertamax identik dengan nilai saturation pada rentang 120 – 140 dan nilai hue pada rentang 98 – 100, bahan bakar solar identik dengan nilai saturation pada rentang 110 – 130 dan nilai hue pada rentang 19 – 25, dan bahan bakar minyak tanah identik dengan nilai saturation pada rentang 30 – 45 dan nilai hue pada rentang 92 – 100.
3. Pertamax memiliki nilai rentang bit, akurasi, dan standar deviasi pembacaan hue & saturation berturut – turut (98 – 100, 98,8%, 0,3 dan 120 – 140, 98,48%, 3,07), solar (19 – 25, 99,12%, 0,41 dan 110 – 130, 97,35%, 3,79), dan minyak tanah (92 – 100, 98,93%, 1,38 dan 30 – 45, 92,55%, 4,63).
4. Perubahan warna pada setiap variasi konsentrasi bahan bakar dapat terdeteksi. Untuk campuran pertamax – solar dan solar – minyak tanah dapat dibedakan menggunakan nilai bit hue karena perubahan nilai bit dominan terjadi pada komponen tersebut. Sedangkan untuk campuran minyak tanah dan pertamax dapat dibedakan menggunakan nilai bit saturation. Pendefinisian konsentrasi bahan bakar pada bagian *interface* belum bisa dilakukan karena terdapat nilai bit HSV yang sama.

5.2 Saran

Dalam penelitian tugas akhir ini terdapat beberapa hal yang dapat ditingkatkan dan diperbaiki. Oleh karena itu proses uji coba, perancangan software, validasi, dan penelitian lebih lanjut sangat perlu dilakukan. Adapun saran yang diberikan oleh penulis berkaitan dengan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut;

1. Bagian terpenting dalam proses perancangan sistem deteksi ini adalah spesifikasi tiap komponen yang digunakan, peningkatan akurasi pembacaan dapat dilakukan dengan memperbesar *frame rate* dari kamera, memilih kamera yang fokusnya tidak berubah – ubah, dan meningkatkan kemampuan *processor* dengan memilih SBC yang memiliki spesifikasi lebih tinggi
2. Setiap warna bahan bakar cair murni maupun campuran dapat dibedakan dengan baik jika sumber cahaya yang digunakan memiliki rentang FWHM sepanjang daerah panjang gelombang tampak (400 – 700 nm), serta *background* dari area pendeteksian yang berwarna putih standar.
3. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan identifikasi jenis bahan bakar lainnya meliputi Pertamina, Pertamina Plus, dan Premium.

DAFTAR PUSTAKA

- A.D.H. Thomas. 2009. *Real-time Industrial Visual Inspection*. Swansea : University of Wales UK
- Anonim. 2016. *Spesifikasi Pertamina*. Jakarta : PT. Pertamina Indonesia
- Anonim. 2016. *Spesifikasi Premium*. Jakarta : PT. Pertamina Indonesia
- Anonim. 2016. *Produk dan Layanan PT. Pertamina Indonesia*. Jakarta : PT. Pertamina Indonesia
- Baum, Judy. 2010. *Multiproduct Pipelines Western Canadian Experience*. Canada : International Pipeline Conference (ASME)
- Cerda, Jaime. 2008. *Pipeline Logistic. Mar De Plata* : Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, Universidad Nacional de Litoral
- Davies E.R. 2007. *Machine Vision : Theory, Algorithm, Practicalities*. London : Academic Press.
- De Young H. G. 2004. *Payday for machine vision*. *Photonics Spectra* 28:76-84
- E. Malamas, E. Petrakis, M. Zervakis, L. Petit, and J.-D. Legat, “A survey on industrial vision systems, applications and tools,” *Image Vision Comput.*, vol. 21, no. 2, pp. 171–188, 2003.
- Erick. 2013. *Review: computer vision applied to the inspection and quality control of fruits and vegetables*. *Brazilian Journal of Food Technology* : Campina
- Fikko, M. 2016. *Sistem Kontrol Pipe Line Batch Tracking System (PBTS) PT. Pertamina (Persero) Marketing Operation Region IV Semarang Pada Terminal Automation System Di Lokasi TBBM (Terminal BBM) Boyolali*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Himawan, Adhitya. 2017. *Permintaan BBM Global Tumbuh 0.7& Tiap Tahun*. Disadur dari <https://www.suara.com/bisnis/2017/01/28/134443/permintaan-bbm-global-tumbuh-07-persen-tiap-tahun> Pada 1 Desember 2017 Pukul 06.30 WIB

- IndonesiaInvestmen. 2016. *Minyak Bumi*. Disadur dari <https://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/minyak-bumi/item267?> Pada 1 Desember 2017 Pukul 06.25 WIB
- Kadir, A., & Susanto, A. 2013. *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Andi.
- Kemal, Erdogan. 2014. *Shifting Colors to Overcome not Realizing Objects Problem due to Color Vision Deficiency*. Kuala Lumpur : 2nd Int. Conf. on Advances in Computing, Electronics and Electrical Technology - CEET 2014
- Martin, Daryl. 2017. *A Practical Guide to Machine Vision Lighting*. USA : National Instruments
- Microsoft. 2018. *RGB Color Spaces*. Disadur dari [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd372185\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd372185(v=vs.85).aspx) Pada 7 Juni 2018 Pukul 04.14 WIB
- Rahmah, F., Kusumawardhani, A., Setijono, H., Hatta, A. M., & Irwansyah. (2015). Radial Line Method for Rear-View Mirror Distortion Detection. *SPIE*
- Soerjono. 2016. *Laporan Kinerja Kementrian Perindustrian Tahun 2015*. Biro Perencanaan Kementrian Perindustrian Republik Indonesia : Jakarta
- Steffany, R. A. 2016. *Pengenalan Plat Nomor Kendaraan Berbasis Raspberry Pi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Stefano. 2015. *Automatic Color Inspection for Colored Wires in Electric Cables*. IEEE

LAMPIRAN A

SKRIP PROGRAM

```
import numpy as np
import cv2
import cv2.cv
import time
import RPi.GPIO as GPIO

cap = cv2.VideoCapture(0)

#Inisialisasi
H = []
S = []
V = []
R = []
i = 0
r1 = 0
GPIO.setup(2,GPIO.OUT)
GPIO.setup(3,GPIO.OUT)
GPIO.setup(4,GPIO.OUT)
GPIO.setup(27,GPIO.OUT)
p = GPIO.PWM(27,300)

##size =
((int(cap.get(cv2.cv.CV_CAP_PROP_FRAME_WIDTH))), (int(c
ap.get(cv2.cv.CV_CAP_PROP_FRAME_HEIGHT))))
##
##video = cv2.VideoWriter('Output.avi', -1, 20, size)

while(i<20000):

    i = i + 1

    #Delay disesuaikan dengan FPS kamera begitu juga frek PWM
    sesuai dengan FPS
```

```

time.sleep(0.03)

# Take each frame
_, frame = cap.read()

# Penentuan ROI
ROI1 = frame[229:278,3:52]
ROI2 = frame[229:278,581:630]
cv2.rectangle(frame,(2,228),(52,278),(0,0,255),1)
cv2.rectangle(frame,(580,228),(630,278),(0,0,255),1)

A = cv2.cvtColor(ROI1, cv2.COLOR_BGR2HSV)
B = cv2.cvtColor(ROI2, cv2.COLOR_BGR2HSV)

# Pengambilan Komponen HSV pada ROI1 dan ROI2
ROI1H = A[:, :, 0]
ROI1S = A[:, :, 1]
ROI1V = A[:, :, 2]
ROI2H = B[:, :, 0]
ROI2S = B[:, :, 1]
ROI2V = B[:, :, 2]

# Rata - rata HSV
AROI1H = int(ROI1H.mean())
AROI1S = int(ROI1S.mean())
AROI1V = int(ROI1V.mean())
AROI2H = int(ROI2H.mean())
AROI2S = int(ROI2S.mean())
AROI2V = int(ROI2V.mean())

h1 = (AROI1H + AROI2H)//2
s1 = (AROI1S + AROI2S)//2
v1 = (AROI1V + AROI2V)//2

#Append

```

```

H.append(h1)
S.append(s1)
V.append(v1)

# Hasil Pembacaan
font = cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
cv2.putText(frame,'ROI1H : ' + str(AROI1H),(10,20), font,
0.5,(255,255,255))
cv2.putText(frame,'ROI1S : ' + str(AROI1S),(10,40), font,
0.5,(255,255,255))
cv2.putText(frame,'ROI1V : ' + str(AROI1V),(10,60), font,
0.5,(255,255,255))
cv2.putText(frame,'ROI2H : ' + str(AROI2H),(10,100), font,
0.5,(0,0,0))
cv2.putText(frame,'ROI2S : ' + str(AROI2S),(10,120), font,
0.5,(0,0,0))
cv2.putText(frame,'ROI2V : ' + str(AROI2V),(10,140), font,
0.5,(0,0,0))
cv2.putText(frame,'ROIH : ' + str(h1),(10,350), font,
0.5,(0,0,0))
cv2.putText(frame,'ROIS : ' + str(s1),(10,370), font,
0.5,(0,0,0))
cv2.putText(frame,'ROIV : ' + str(v1),(10,390), font,
0.5,(0,0,0))

# Faktor Koreksi dikalikan semua dalam RGB
(1.316129;1.221557;1.133333)
## ROI1B, ROI1G, ROI1R = ROI1[:, :, 0], ROI1[:, :, 1],
ROI1[:, :, 2]
## ROI2B, ROI2G, ROI2R = ROI2[:, :, 0], ROI2[:, :, 1],
ROI2[:, :, 2]
## COR = cv2.merge((ROI1B,ROI1G,ROI1R))

if h1>=90 and h1<=104:

```

```

#100% P
if s1>=106 and s1<=160:
    cv2.putText(frame,'100% P',(10,475), font,
1,(255,255,255))
    r1 = '1'
    GPIO.output(2,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(3,GPIO.LOW)
    GPIO.output(4,GPIO.LOW)

##    #10% MT - 90% P
##    elif s1>=129 and s1<=139:
##        cv2.putText(frame,'10% MT - 90% P',(10,475), font,
1,(255,255,255))
##        r1 = '30'

##    #20% MT - 80% P
##    elif s1>=120 and s1<=130:
##        cv2.putText(frame,'20% MT - 80% P',(10,475), font,
1,(255,255,255))
##        r1 = '29'

##    #30% MT - 70% P
##    elif s1>=117 and s1<=124:
##        cv2.putText(frame,'30% MT - 70% P',(10,475), font,
1,(255,255,255))
##        r1 = '28'

##    #90% P - 10% S
##    elif s1>=109 and s1<=116:
##        cv2.putText(frame,'90% P - 10% S',(10,475), font,
1,(255,255,255))
##        r1 = '2'

##    #40% MT - 60% P
##    elif s1>=106 and s1<=115:

```



```

##      cv2.putText(frame,'40% MT - 60% P',(10,475), font,
1,(255,255,255))
##      r1 = '27'

      #50% MT - 50% P
      elif s1>=97 and s1<=107:
          cv2.putText(frame,'50% MT - 50% P',(10,475), font,
1,(255,255,255))
          r1 = '26'

      #60% MT - 40% P
      elif s1>=87 and s1<=96:
          cv2.putText(frame,'60% MT - 40% P',(10,475), font,
1,(255,255,255))
          r1 = '25'

##      #80% P - 20% S
##      elif s1>=81 and s1<=86:
##          cv2.putText(frame,'80% P - 20% S',(10,475), font,
1,(255,255,255))
##          r1 = '3'

##      #70% MT - 30% P
##      elif s1>=80 and s1<=90:
##          cv2.putText(frame,'70% MT - 30% P',(10,475), font,
1,(255,255,255))
##          r1 = '24'

      #80% MT - 20% P
      elif s1>=67 and s1<=73:
          cv2.putText(frame,'80% MT - 20% P',(10,475), font,
1,(255,255,255))
          r1 = '23'

```

```

#100% MT
elif s1>=30 and s1<=66:
    cv2.putText(frame,'100% MT',(10,475), font,
1,(255,255,255))
    r1 = '21'
    GPIO.output(2,GPIO.LOW)
    GPIO.output(3,GPIO.LOW)
    GPIO.output(4,GPIO.HIGH)

##      #10% S - 90% MT
##      elif s1>=51 and s1<=61:
##          cv2.putText(frame,'10% S - 90% MT',(10,475), font,
1,(255,255,255))
##          r1 = '20'
##
##      #90% MT - 10% P
##      elif s1>=45 and s1<=55:
##          cv2.putText(frame,'90% MT - 10% P',(10,475), font,
1,(255,255,255))
##          r1 = '22'

    elif s1>=74 and s1<=90:
        cv2.putText(frame,'No Fuel',(10,475), font,
1,(255,255,255))
        r1 = '31'

    else:
        cv2.putText(frame,'Undetected',(10,475), font,
1,(255,255,255))
        r1 = '0'

    elif h1>=51 and h1<=89:

        #70% P - 30% S
        if s1>=53 and s1<=63:

```

```

        cv2.putText(frame,'70% P - 30% S',(10,475), font,
1,(255,255,255))
        r1 = '4'

        #60% P - 40% S
        elif s1>=41 and s1<=52:
            cv2.putText(frame,'60% P - 40% S',(10,475), font,
1,(255,255,255))
            r1 = '5'

        #20% S - 80% MT
        elif s1>=25 and s1<=40:
            cv2.putText(frame,'20% S - 80% MT',(10,475), font,
1,(255,255,255))
            r1 = '19'

        else:
            cv2.putText(frame,'Undetected',(10,475), font,
1,(255,255,255))
            r1 = '0'

        elif h1>=19 and h1<=50:

            #30% S - 70% MT
            if s1>=24 and s1<=34:
                cv2.putText(frame,'30% S - 70% MT',(10,475), font,
1,(255,255,255))
                r1 = '18'

            #40% S - 60% MT
            elif s1>=35 and s1<=45:
                cv2.putText(frame,'40% S - 60% MT',(10,475), font,
1,(255,255,255))
                r1 = '17'

```

```

#50% P - 50% S
elif h1>=43 and h1<=50 and s1>=46 and s1<=57:
    cv2.putText(frame,'50% P - 50% S',(10,475), font,
1,(255,255,255))
    r1 = '6'

#50% S - 50% MT
elif h1>=33 and h1<=40 and s1>=50 and s1<=60:
    cv2.putText(frame,'50% S - 50% MT',(10,475), font,
1,(255,255,255))
    r1 = '16'

#40% P - 60% S
elif s1>=61 and s1<=64:
    cv2.putText(frame,'40% P - 60% S',(10,475), font,
1,(255,255,255))
    r1 = '7'

#60% S - 40% MT
elif s1>=65 and s1<=75:
    cv2.putText(frame,'60% S - 40% MT',(10,475), font,
1,(255,255,255))
    r1 = '15'

#30% P - 70% S
elif s1>=76 and s1<=88:
    cv2.putText(frame,'30% P - 70% S',(10,475), font,
1,(255,255,255))
    r1 = '8'

#70% S - 30% MT
elif s1>=89 and s1<=93:
    cv2.putText(frame,'70% S - 30% MT',(10,475), font,
1,(255,255,255))
    r1 = '14'

```

```

#20% P - 80% S
elif s1>=94 and s1<=99:
    cv2.putText(frame,'20% P - 80% S',(10,475), font,
1,(255,255,255))
    r1 = '9'

##      #80% S - 20% MT
##      elif s1>=99 and s1<=109:
##          cv2.putText(frame,'80% S - 20% MT',(10,475), font,
1,(255,255,255))
##          r1 = '13'

#100% S
elif s1>=40 and v1>=10:
    cv2.putText(frame,'100% S',(10,475), font,
1,(255,255,255))
    r1 = '11'
    GPIO.output(2,GPIO.LOW)
    GPIO.output(3,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(4,GPIO.LOW)

##      #10% P - 90% S
##      elif s1>=118 and s1<=128:
##          cv2.putText(frame,'10% P - 90% S',(10,475), font,
1,(255,255,255))
##          r1 = '10'
##
##      #90% S - 10% MT
##      elif s1>=119 and s1<=129:
##          cv2.putText(frame,'90% S - 10% MT',(10,475), font,
1,(255,255,255))
##          r1 = '12'

else:

```

```

        cv2.putText(frame,'Undetected',(10,475), font,
1,(255,255,255))
        r1 = '0'

    else:
        cv2.putText(frame,'Undetected',(10,475), font,
1,(255,255,255))
        r1 = '0'

    R.append(r1)

    cv2.imshow('frame',frame)
    cv2.imshow('ROI1',ROI1)
    cv2.imshow('ROI2',ROI2)

    #frame = cv2.flip(frame,0)
    ##    video.write(frame)

    k = cv2.waitKey(5) & 0xFF
    if k == 27:
        break
    ##    video.release()
    ##    cap.release()

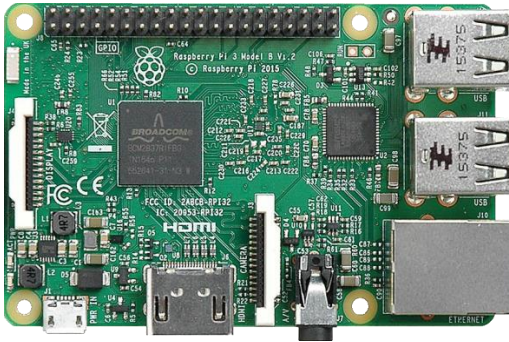
# Export Text
f = open('file.txt', 'wb')
for i in range(len(H)):
    f.write(str(H[i]) + '\t' + str(S[i]) + '\t' + str(V[i]) + '\t' + str(R[i])
+ '\n')

f.close()
##video.release()
##cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```

LAMPIRAN B

SPESIFIKASI RASPBERRY – PI 2 MODEL B



Spesifikasi	
Chip	Broadcom BCM2836 SoC
Core Architecture	Quad-core ARM Cortex-A7
CPU	900 MHz
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	1GB LPDDR2
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V, 2A

Connectors	
Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4)
Audio Output	3.5mm jack, HDMI
USB	4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial <i>Interface</i> (CSI-2)
JTAG	Not populated
Display Connector	Display Serial <i>Interface</i> (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
Memory Card Slot	Micro SDIO

LAMPIRAN C

SPESIFIKASI WEBCAM HD LOGITECH C920



- Full HD 1080p video calling (up to 1920 x 1080 pixels) with the latest version of Skype for Windows
- 720p HD video calling (up to 1280 x 720 pixels) with supported clients
- Full HD video recording (up to 1920 x 1080 pixels)
- Photos: up to 15 megapixels (software enhanced)
- Logitech Fluid Crystal™ Technology
- H.264 video compression*
- Carl Zeiss® lens with 20-step autofocus
- Built-in dual stereo mics with noise reduction
- Automatic low-light correction
- Hi-Speed USB 2.0 certified (USB 3.0 ready)
- Dimensions: Weight 441.3; Length 19.10 cm; Width 7.20 cm; Height / depth 22.70 cm; Volume 3.122 dm³
- DFOV (*Diagonal Field of View*): 78°, HFOV (*Horizontal Field of View*): 70.42°, VFOV (*Vertical Field of View*): 43.30°

Halaman ini memang sengaja dikosongkan

LAMPIRAN D

SPESIFIKASI POMPA DC BRUSHLESS ANSELF DC300



Features:

- Brushless, permanent magnetic rotor, maintenance-free.
- Stator and circuit board sealed by epoxy resin.
- Amphibious design.
- Enclosed with static sealing, not dynamic, which can avoid leaking problems.
- Small size, high efficiency, low consumption, low noise (less than 35db).
- Wide temperature resistance ranges from 0°C to 60°C.
- Used in Aquarium, car cooling, humidifier, air conditioner, other cooling and circulation systems.

Specifications:

Color	: Black
Pump material	: ABS
Temperature resistance range	: 0 ~ 60°C

Condition of use	: Continuously
Fluids	: Water, oil, gasoline, acid and alkali solution, etc.
Power consumption	: 9 Watt
Rated voltage	: DC 12 Volt
Max. flow rate	: 300L/H
Max. Lift	: 450cm / 14.76ft
Noise	: Less than 35dB
Outer diameter of inlet / outlet	: 9mm / 0.35in
Inner diameter of inlet / outlet	: 6mm / 0.24in
Waterproof class	: IP68
Product size	: 56 * 52 * 47mm / 2.2 * 2 * 1.8in
Product weight	: 70g / 2.47oz
Package size	: 6.2 * 6.2 * 4cm / 2.44 * 2.44 * 1.57in
Package weight	: 79g / 2.8oz

LAMPIRAN E

SPESIFIKASI PIPA TRANSPARAN



Continental Trade Sp. z o.o.
Krasnobrodzka 5; 03-214 Warszawa
POLAND
tel. : +48 22 6701181, +48 22 6190733
fax : +48 22 6185938

www.continentaltrade.com.pl

INFORMATION SHEET

office@continentaltrade.com.pl

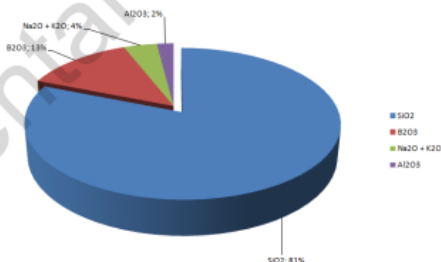
Properties of borosilicate glass DURAN® - DIN 7080, ISO 3585

It is a glass highly resistant to water, neutral and acidic environment, solutions and concentrated acid and alkalies, chlorine, bromine, iodine and organic substances. The chemical resistance of the glass Duran® resistance is higher than most metals, even during a prolonged period and at higher temperatures ($> 100^{\circ}\text{C}$). Only hydrofluoric acid, concentrated phosphoric acid, and strong alkaline materials may cause decrease the surface of glass (glass corrosion) of temperature above 100°C . Maximum working temperature of glass DURAN® is 500°C . At temperatures above 525°C , glass begins to soften, and a temperature above 860°C liquefies. May be cooled to a very low freezing temperatures and is therefore suitable for use in contact with liquid nitrogen (about -196°C). In general DURAN® products are recommended for use down to -70°C , while defrosting must be ensured that the temperature difference does not exceed 100 K . DURAN® glassware is suitable for use in microwaves. DURAN® glass is highly resistant to changes of temperature ($\Delta T = 100\text{ K}$). Thanks to the very low coefficient of linear expansion ($3.3 \times 10^{-6} 1/\text{K}$) in the articles of this material in practice there are no stresses during rapid temperature changes (e.g. not crack the vessel when filled with boiling water). DURAN® is a commercial version 3.3 borosilicate glass, hence the majority of the properties and composition is similar to the type of Glass.

Chemical composition

SiO_2	81 %
B_2O_3	13 %
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	4 %
Al_2O_3	2 %

Composition of DURAN® glass



Typical properties

Density (at 20°C)	2.23 g/cm ³
Young's elasticity modulus	$63 \cdot 10^9 \text{ N/mm}^2$
Poisson's ratio	0.2
Thermal conductivity	1.2 W/(m K)
Coefficient of mean linear thermal expansion	$3.3 \cdot 10^{-6} 1/\text{K}$
Average refractive index in the visible range (380 - 780 nm)	1.474
Transformation temperature T_g (ISO 7884-8)	525°C
Glass temperature at viscosity dPa s	10^{13} 560 $^{\circ}\text{C}$ (annealing point ISO 7884-4)
	$10^{7.5}$ 825 $^{\circ}\text{C}$ (softening point ISO 7884-3)
	10^4 1260 $^{\circ}\text{C}$ (working point ISO 7884-2)
Maximum operating temperature:	
- long term	300 $^{\circ}\text{C}$
- temporary ($< 10\text{h}$)	500 $^{\circ}\text{C}$
Log of the electric volume resistivity	
- at 250°C	8.0
- at 350°C	6.5

The heavy metal content for the elements lead, cadmium, mercury and hexavalent chromium is below 100 ppm



Continental Trade Sp. z o.o.
Krasnobrodzka 5; 03-214 Warszawa
POLAND
tel. : +48 22 6701181, +48 22 6190733
fax : +48 22 6185938

www.continentaltrade.com.pl

INFORMATION SHEET

office@continentaltrade.com.pl

Chemical resistance

Due to the high content of silica (SiO_2), DURAN glass is very resistant to water, acids, organic solvents and halogens. Only hydrofluoric acid, hot concentrated phosphoric acid and strong alkaline solutions cause significant corrosion of the glass.

Hydrolytic resistance

Acc. ISO 719 (@ 98 °C): class HGB 1

Acc. ISO 720 (@ 121 °C): class HGA 1

Alkali resistance

Acc. DIN 52 322 (acc. ISO 695): class A2

Acid resistance

Acc. DIN 12 116 (ISO 1776): class 1

Dielectric properties

At 25 °C i 1 MHz

Dielectric constant $\epsilon_r = 4.6$

Dielectric loss factor $\tan \delta = 37 \cdot 10^{-4}$

Optical properties

Index of refraction

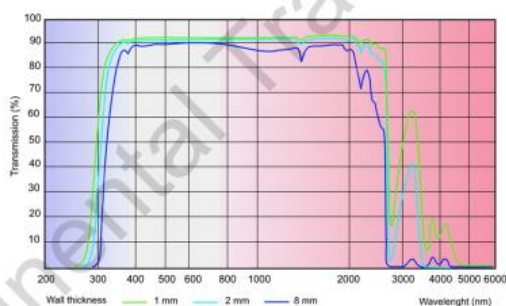
$\lambda = 587.6 \text{ nm } n_D = 1.4724$

$\lambda = 486.0 \text{ nm } n_F = 1.4782$

$\lambda = 546.0 \text{ nm } n_e = 1.4740$

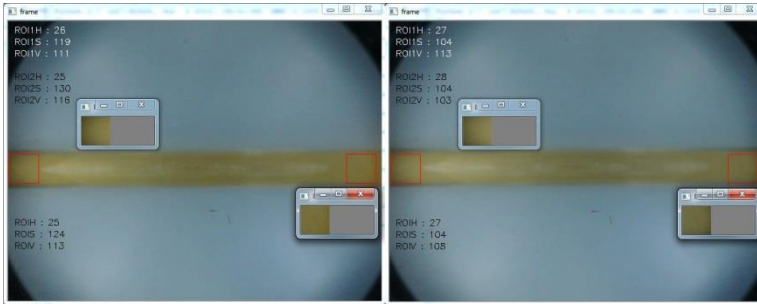
$\lambda = 644.0 \text{ nm } n_C = 1.4701$

Transparency of DURAN®



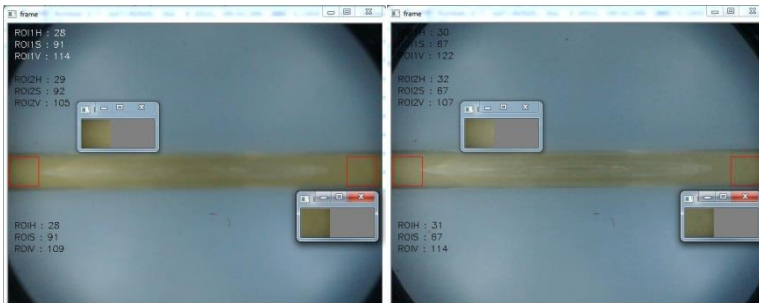
LAMPIRAN F

HASIL PEMBACAAN PADA FRAME PADA SETIAP JENIS BAHAN BAKAR BESERTA VARIASI KONSENTRASI



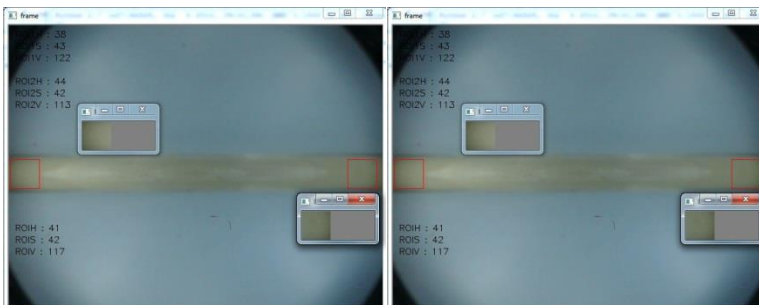
10% Minyak Tanah 90% Solar

20% Minyak Tanah 80% Solar



30% Minyak Tanah 70% Solar

40% Minyak Tanah 60% Solar



50% Minyak Tanah 50% Solar

60% Minyak Tanah 40% Solar



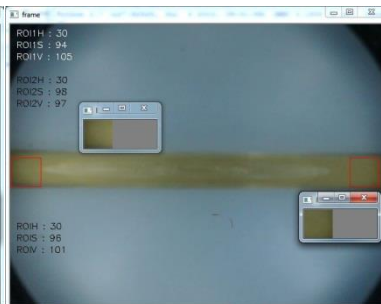
70% Minyak Tanah 30% Solar



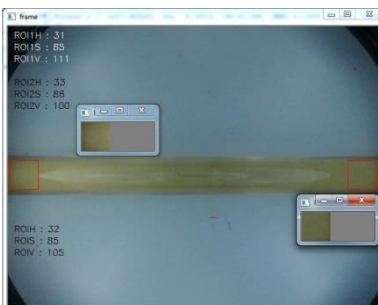
80% Minyak Tanah 20% Solar



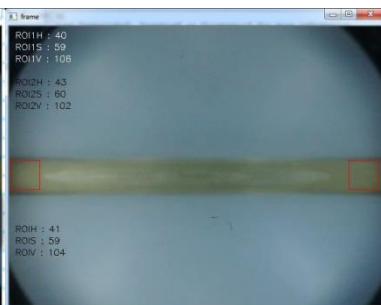
90% Minyak Tanah 10% Solar



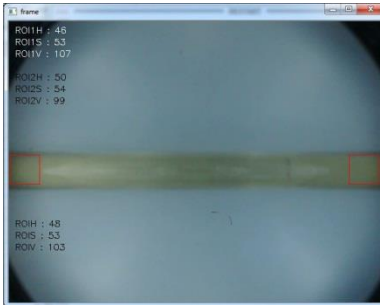
90% Solar 10% Pertamina



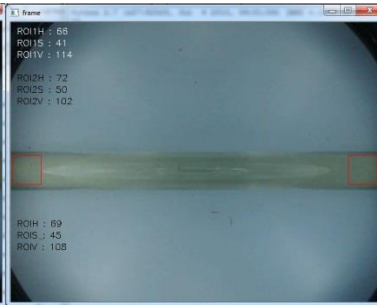
80% Solar 20% Pertamina



70% Solar 30% Pertamina



60% Solar 40% Pertamina



50% Solar 50% Pertamina



40% Solar 60% Pertamina



30% Solar 70% Pertamina



20% Solar 80% Pertamina



10% Solar 90% Pertamina



30% Minyak Tanah 70% Pertamina



50% Minyak Tanah 50% Pertamina



90% Minyak Tanah 10% Pertamina



100% Solar



100% Minyak Tanah



100% Pertamina

LAMPIRAN G
RENTANG NILAI PEMBACAAN HSV, KEPRESISIAN &
AKURASI HASIL PERCOBAAN, SERTA PENDEFINISIAN
DENGAN INDIKATOR ANGKA

Tabel 1. Tidak ada bahan bakar

Iluminasi pencahayaayan (lux)	Nilai bit Hue (Maksimum - Minimum)	Nilai bit Saturation (Maksimum - Minimum)	Nilai bit Value (Maksimum - Minimum)	Standar Deviasi Nilai Bit (716 data)		
				Hue	Saturation	Value
0	57 - 52	254 - 253	3--2	0.97	0.73	0.33
5	79 - 70	88 - 77	16	1.35	1.70	0.00
7	97 - 89	65 - 56	29	1.34	1.36	0.00
8	105 - 97	60 - 52	39 - 38	1.40	1.40	0.16
10	106 - 102	77 - 66	53 - 52	0.69	1.56	0.50
12	103 - 100	83 - 75	63- 62	0.58	1.59	0.46
14	102 - 99	85 - 75	72 - 71	0.53	1.50	0.50
16	100 - 98	86 - 78	85 - 84	0.49	1.22	0.50
18	101 - 98	88 - 74	93 - 84	0.42	1.30	0.59
20	100 - 98	83 - 77	88 - 97	0.46	1.20	0.50
22	100 - 99	80 - 74	105 - 104	0.50	0.84	0.18
24	100 - 99	80 - 75	112 - 111	0.48	0.86	0.17
25	117 - 99	76 - 70	117 - 116	0.50	1.06	0.50
27	101 - 99	66 - 62	124 - 123	0.13	0.69	0.09
29	101 - 100	66 - 61	128 - 127	0.32	0.87	0.44
31	101 - 100	65 - 60	129 - 125	0.24	1.00	0.28
33	100 - 99	62 - 57	127 - 126	0.50	0.80	0.31
35	102 - 100	56 - 51	124 - 123	0.46	0.95	0.40
36	100 - 96	64 - 54	124 - 122	0.52	1.05	0.48
38	98 - 97	63 - 55	124 - 121	0.49	0.88	0.29
43	98 - 96	63 - 58	123 - 121	0.51	0.93	0.35

Tabel 2. Bahan bakar jenis Pertamina

Iluminasi pencahayaan (lux)	Nilai bit Hue (Maksimum - Minimum)	Nilai bit Saturation (Maksimum - Minimum)	Nilai bit Value (Maksimum - Minimum)	Standar Deviasi Nilai Bit (1823 data)		
				Hue	Saturation	Value
0	55 - 51	254 - 251	2	0.62	0.63	0.00
5	18 - 17	146 - 137	18 - 17	0.44	1.43	0.39
7	102 - 101	146 - 140	32 - 31	0.46	1.05	0.15
8	103 - 102	142 - 134	47 - 45	0.41	1.28	0.31
10	103 - 102	149 - 143	63 - 61	0.35	0.94	0.18
12	102	154 - 149	75 - 74	0.00	1.06	0.44
14	102 - 101	169 - 151	83 - 68	0.30	2.38	2.08
16	100 - 99	172 - 166	91 - 90	0.50	0.93	0.50
18	100 - 99	172 - 168	100 - 99	0.07	0.65	0.08
20	99	172 - 167	108 - 107	0.21	0.81	0.49
22	99 - 98	168 - 164	116 - 115	0.42	0.69	0.34
24	99 - 98	165 - 162	123 - 122	0.49	0.55	0.06
25	99 - 98	165 - 162	130 - 129	0.48	0.55	0.26
27	99 - 98	158 - 155	136 - 135	0.46	0.55	0.04
29	98	149 - 147	143 - 142	0.00	0.52	0.04
31	99 - 98	150 - 146	147 - 144	0.40	0.86	1.24
33	99 - 98	139 - 137	147	0.11	0.44	0.00
35	98	143 - 140	146 - 145	0.00	0.74	0.38
36	99	139 - 135	142	0.00	0.72	0.00
38	98 - 97	146 - 142	140	0.24	0.45	0.00
43	98	139 - 137	141 - 140	0.00	0.48	0.06

Tabel 3. Bahan bakar jenis solar

Iluminasi pencahayaan (lux)	Nilai bit Hue (Maksimum - Minimum)	Nilai bit Saturation (Maksimum - Minimum)	Nilai bit Value (Maksimum - Minimum)	Standar Deviasi Nilai Bit (1823 data)		
				Hue	Saturation	Value
0	51 - 46	253 - 252	2	0.73	0.26	0.00
5	37 - 34	160 - 149	7	0.61	1.61	0.00
7	27 - 24	143 - 135	17 - 16	0.54	1.20	0.40
8	21 - 19	152 - 138	34 - 30	0.42	1.21	0.20
10	20 - 18	139 - 133	43 - 41	0.39	1.09	0.27
12	21 - 19	134 - 128	52 - 50	0.44	1.10	0.43
14	27 - 26	116 - 110	60 - 59	0.50	0.83	0.38
16	25 - 24	118 - 111	70 - 69	0.47	1.06	0.48
18	28 - 26	117 - 111	74 - 73	0.33	1.01	0.40
20	29 - 27	113 - 108	82 - 81	0.28	0.75	0.48
22	28 - 27	113 - 109	90	0.30	0.65	0.00
24	27 - 26	113 - 108	98 - 97	0.15	0.94	0.12
25	27 - 26	119 - 115	105 - 103	0.47	0.67	0.18
27	27 - 26	114 - 111	111 - 109	0.49	0.67	0.14
29	27 - 26	110 - 107	116 - 115	0.12	0.64	0.39
31	27 - 26	108 - 105	120 - 118	0.11	0.58	0.29
33	27 - 26	108 - 105	120 - 118	0.11	0.58	0.29
35	26	107 - 104	124 - 123	0.00	0.52	0.04
36	24 - 23	107 - 105	122 - 121	0.04	0.49	0.33
38	25 - 24	102 - 99	125 - 124	0.21	0.49	0.26
43	26 - 25	109 - 105	121 - 120	0.39	0.70	0.48

Tabel 4. Bahan bakar minyak tanah

Illuminasi pencahayaayan (lux)	Nilai bit Hue (Maksimum - Minimum)	Nilai bit Saturation (Maksimum - Minimum)	Nilai bit Value (Maksimum - Minimum)	Standar Deviasi Nilai Bit (1823 data)		
				Hue	Saturation	Value
0	52 - 47	254 - 252	2	0.75	0.51	0.00
5	88 - 83	75 - 67	22 - 21	0.91	1.18	0.50
7	99 - 96	71 - 65	36 - 35	0.68	1.11	0.20
8	105 - 101	52 - 46	51 - 50	0.76	0.96	0.48
10	106 - 103	60 - 55	66 - 65	0.55	0.97	0.43
12	105 - 104	62 - 58	81 - 80	0.49	0.74	0.21
14	99 - 98	76 - 71	89 - 88	0.31	0.83	0.28
16	98 - 97	80 - 73	99 - 97	0.43	1.24	0.33
18	98 - 97	79 - 74	108 - 106	0.34	0.88	0.22
20	97 - 96	77 - 73	115 - 114	0.27	0.85	0.20
22	97 - 96	72 - 68	122 - 121	0.47	0.83	0.49
24	98 - 96	68 - 65	129 - 127	0.43	0.60	0.21
25	98 - 97	62 - 59	134 - 133	0.38	0.51	0.09
27	98 - 97	57 - 53	141 - 140	0.15	0.70	0.31
29	99 - 98	55 - 52	146 - 145	0.30	0.62	0.04
31	98 - 97	55 - 53	142 - 141	0.45	0.38	0.11
33	97	52 - 59	141 - 140	0.00	0.50	0.50
35	100 - 99	50 - 48	142 - 141	0.26	0.43	0.04
36	95 - 94	54 - 51	140 - 139	0.34	0.55	0.11
38	97 - 96	45 - 43	140 - 139	0.46	0.42	0.47
43	98 - 97	47 - 45	144 - 144	0.36	0.38	0.00

Tabel 5. Pendefinisian setiap jenis bahan bakar menggunakan indikator angka

Jenis Bahan Bakar Cair	Indikator	Jenis Bahan Bakar Cair	Indikator
Tidak terdefinisi	0	50% S 50% MT	16
100 % P	1	40% S 60% MT	17
90% P 10% S	2	30% S 70% MT	18
80% P 20% S	3	20% S 80% MT	19
70% P 30% S	4	10% S 90% MT	20
60% P 40% S	5	100% MT	21
50% P 50% S	6	90% MT 10% P	22
40% P 60% S	7	80% MT 20% P	23
30% P 70% S	8	70% MT 30% P	24
20% P 80% S	9	60% MT 40% P	25
10% P 90% S	10	50% MT 50% P	26
100% S	11	40% MT 60% P	27
90% S 10% MT	12	30% MT 70% P	28
80% S 20% MT	13	20% MT 80% P	29
70% S 30% MT	14	10% MT 90% P	30
60% S 40% MT	15	Tidak ada bahan bakar	31

Tabel 6. Hasil Percobaan Pengaliran Bahan Bakar Jenis Pertamina Lalu Diikuti Dengan Solar

Percobaan Ke-	Standar Deviasi Nilai Bit Saat Pertamina Terdeteksi			Standar Deviasi Nilai Bit Saat Solar Terdeteksi		
	Hue	Saturation	Value	Hue	Saturation	Value
1	0.33	1.38	3.33	3.27	11.80	2.97
2	0.48	1.68	5.21	0.81	3.85	0.91
3	0.49	2.00	4.47	1.43	9.05	1.69
4	0.24	3.81	3.86	1.91	10.09	1.29
5	0.47	2.70	6.42	1.20	8.58	0.62

Tabel 7. Hasil Percobaan Pengaliran Bahan Bakar Jenis Solar Lalu Diikuti Dengan Minyak Tanah

Percobaan Ke-	Standar Deviasi Solar			Standar Deviasi M. Tanah		
	Hue	Saturation	Value	Hue	Saturation	Value
1	1.67	6.68	2.22	4.22	6.10	5.38
2	0.98	7.17	1.18	1.43	2.51	8.65
3	0.50	1.67	0.94	1.55	3.69	5.42
4	0.37	1.84	1.17	1.43	4.27	4.16
5	0.46	3.41	0.97	1.59	4.35	4.09

Tabel 8. Hasil Percobaan Pengaliran Bahan Bakar Jenis Minyak Tanah Lalu Diikuti Dengan Pertamina

Percobaan Ke-	Standar Deviasi Nilai Bit Saat Minyak Tanah Terdeteksi			Standar Deviasi Nilai Bit Saat Pertamina Terdeteksi		
	Hue	Saturation	Value	Hue	Saturation	Value
1	3.02	4.71	3.92	0.46	3.20	5.72
2	0.26	2.65	3.77	0.15	0.86	1.58
3	0.48	3.09	3.05	0.47	4.21	7.90
4	0.55	4.85	3.30	0.49	4.92	9.67
5	0.64	3.47	4.76	0.34	3.53	5.84

Tabel 9. Hasil Percobaan Pengaliran Bahan Bakar Jenis Pertamina, diikuti solar, lalu minyak tanah

Jenis Bahan Bakar	Akurasi rata - rata nilai Bit (%)			Standar deviasi rata - rata nilai Bit		
	Hue	Saturation	Value	Hue	Saturation	Value
Pertamax	99.89	98.48	97.31	0.30	3.07	4.64
Solar	99.12	97.35	99.43	0.41	3.79	0.93
Minyak Tanah	98.93	92.55	97.62	1.38	4.63	4.37

LAMPIRAN H

SPAN DATA HS PADA SETIAP KONDISI ILUMINASI

Tabel 1. Nilai span data HS pada setiap kondisi iluminasi

Iluminasi (lux)	Span	Kesamaan nilai
0	6	tidak ada
5	145	tidak ada
7	159	tidak ada
8	177	ada
10	173	ada
12	176	ada
14	168	ada
16	168	tidak ada
18	167	tidak ada
20	165	ada
22	168	ada
24	170	tidak ada
25	176	tidak ada
27	175	tidak ada
29	169	ada
31	167	ada
33	162	tidak ada
35	168	tidak ada
36	160	tidak ada
38	172	ada
43	166	ada

Keterangan: Kotak merah menunjukkan iluminasi optimal

Halaman ini memang sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya, 17 September 1997, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Tunas Harapan Surabaya pada tahun 2001 hingga 2002, SD Siti Aminah Surabaya pada tahun 2002 hingga 2008, SMP Negeri 28 Surabaya pada tahun 2008 hingga 2011, SMA Negeri 15 Surabaya pada tahun 2011 hingga 2014, dan melanjutkan pendidikan sarjana pada program studi S1 Teknik Fisika, Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2014. Selama menjalani proses pendidikan di perguruan tinggi penulis aktif di beberapa kegiatan kepanitiaan, oraganisasi, dan keilmiahan. Di dunia kepanitiaan, penulis banyak aktif di beberapa *event* di tingkat departemen (*Engineering Physics Week* 2015 – 2017), fakultas (LKMM Pra-TD), dan institut (ITS EXPO 2015 – 2016). Di dunia organisasi, penulis aktif di organisasi tingkat departemen, yaitu di Departemen Riset dan Teknologi, Himpunan Mahasiswa Teknik Fisika ITS, OSA ITS Student Chapter, Kluntung Teknik Fisika ITS. Di dunia keilmiahan penulis aktif mengikuti kompetisi dan melakukan penelitian melalui Program Kreatifitas Mahasiswa, Dikti pada tahun 2015 – 2018. Karena minat yang tinggi penulis mendapatkan kesempatan untuk mengikuti Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) 30 Makassar tahun 2017, membuat poster ilmiah, melakukan publikasi ilmiah nasional dan internasional. Selain itu penulis juga aktif sebagai trainer keilmiahan ITS angkatan ke enam, Integrator. Penulis aktif sebagai asisten Laboratorium Rekayasa Fotonika Teknik Fisika ITS. Penulis mendapatkan kesempatan melakukan kerja praktik di PT. Siemens Indonesia, dengan topik yang sama dengan tugas akhir ini, sehingga dikembangkan lebih lanjut. Penulis dapat dihubungi melalui E-mail achmadsyarief41@gmail.com.